



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

VLIV ALKOHOLU NA ŘEČOVÝ SIGNÁL

EFFECT OF ALCOHOL ON SPEECH SIGNAL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. FILIP KANDUS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN SIGMUND, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Filip Kandus

ID: 98193

Ročník: 2

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Vliv alkoholu na řečový signál

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou vlivu konzumace alkoholu na řečový signál. Vypracujte studii zaměřenou na následující oblasti: biometrické projevy alkoholu, způsoby měření alkoholu, dostupné měřiče, souvislost vlivu alkoholu s jinými psychosomatickými jevy. Zpracujte rešerši dostupných publikací pojednávajících o vlivu alkoholu na řečové parametry. Zpracujte přehled vhodných databází alkoholické řeči. Napište českou dokumentaci k databázi ALC. Vytvořte vlastní databázi profesionálně předstírané a skutečné alkoholické řeči. Analyzujte a popište akustické projevy různé míry alkoholu. Prozkoumejte vliv alkoholu na parametry řečového signálu v časové, kmitočtové a cepstrální oblasti. Určete, které fonetické jednotky jsou nejvíce citlivé na alkohol.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] PSUTKA, J., MÜLLER, Z., MATOUŠEK, J., RADOVÁ, V. Mluvíme s počítačem česky. Praha: Academia, 2006.

[2] SIGMUND, M. Rozpoznávání řečových signálů. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno: MJ servis, 2007.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 20.5.2011

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Hlavním tématem diplomové práce je zkoumání vlivu požitého alkoholu na řečový aparát a řečový signál. V první části je pozornost věnována projevům a zjišťování koncentrace alkoholu v lidském organismu. Dále jsou popsány některé vědecké publikace a projekty, které se zabývaly podobným tématem. Rovněž byla vytvořena česká dokumentace k německé databázi ALC. Na základě fonetických poznatků byl sestaven český text, který byl čten jednotlivými mluvčími a tím získána vlastní databáze alkoholické i střízlivé řeči. Vzorky od jednotlivých mluvčích, jsou zpracovány za pomoci lineární predikce, formantové a keprální analýzy v prostředí MATLAB a vyhodnocen vliv alkoholu na vybrané parametry řečového signálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vliv alkoholu na řečový aparát, databáze alkoholové řeči, LPC analýza, formantové příznaky

ABSTRACT

The main theme of the thesis is to examine the influence of alcohol on the speech apparatus and speech signal. The first part is focused on symptoms and detection of alcohol concentration in the human body. The following part describes some scientific publications and projects, which dealt with a similar theme. Also the Czech documentation to German database ALC was created. Based on phonetic knowledge, Czech text was compiled. Different speakers were reading this text so we got our own database of alcoholic and sober speech. Samples from individual speakers are processed using linear prediction, formant and cepstral analysis in MATLAB and the effect of alcohol on selected parameters of speech signal is evaluated.

KEYWORDS

Impact of alcohol on speech apparatus, alcoholic speech database, LPC analysis, formant features

Kandus, F. Vliv alkoholu na řečový signál. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 49s., 3s příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma Vliv alkoholu na řečový signál jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Milan Sigmund, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	vi
Seznam tabulek	vii
Úvod	1
1 Poznatky o alkoholu	2
1.1 Co je to vlastně alkohol?.....	2
1.2 Alkohol v lidském těle – metabolismus.....	2
1.3 Alkohol ovlivňuje	2
1.4 Klasifikace	2
1.5 Projevy	5
2 Stanovení alkoholu v organismu člověka	6
2.1 Analýza dechu.....	6
2.1.1 Pomocí detekční trubičky	6
2.1.2 Pomocí alkohol testeru.....	6
2.2 Analýza tělních vzorků	7
2.3 Měřicí přístroje	8
2.4 Zjištění alkoholu výpočtem a rizika v dopravě.....	10
3 Dostupné publikace, zabývající se vlivem alkoholu na řečový aparát	12
3.1 Use of Prosodic Speech Characteristics for Automated Detection of Alcohol Intoxication	13
3.2 ALC — Alcohol Language Corpus	15
3.3 Laying the Foundation for In-car Alcohol Detection by Speech.....	16
3.4 Recognition of Alcohol Influence on Speech.....	18
4 Dostupné databáze	19
5 dokumentace alc	19
5.1 Způsob nahrávání.....	19
5.2 Struktura databáze.....	21
6 vlastní databáze řečových signálů	24

6.1	Vlastní databáze	24
6.2	Stanovení koncentrace	25
6.3	Nahrávání vzorků.....	25
6.4	Prostředí nahrávání	26
6.5	Text pro získání vzorků řeči	28
7	Zpracování řečových signálů	29
7.1	Řeč	29
7.1.1	Úvod.....	29
7.1.2	Pulsní kódová modulace (PCM)	29
7.2	Fonetika	29
7.2.1	Samohlásky (vokály)	30
7.2.2	Souhlásky (konsonanty).....	31
7.3	Znázornění řečových signálů	31
7.3.1	Časový průběh	31
7.3.2	Kmitočtové spektrum.....	32
7.3.3	Spektrogram.....	32
7.4	Použité metody	33
7.4.1	Lineární predikce	33
7.4.2	Formantové příznaky	34
7.4.3	Kepstrální analýza.....	36
7.5	Získané výsledky	38
7.5.1	Aplikace metod	38
7.5.2	Výsledky	41
8	Závěr	48
	Literatura	50
	Seznam příloh	51
	Seznam souborů na CD	52
	Seznam použitých zkratek	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: AlcoQuant6020 profesionální alkoholtester používaný policisty (schválené měřidlo).	9
Obr. 5.1: Ilustrační obrázek z průběhu nahrávání (převzato z databáze ALC).....	20
Obr. 6.1: Okno programu Audacity s nahraným vzorkem řeči	25
Obr. 6.2: Nahrávací pracoviště, potřebné pomůcky	26
Obr. 6.3: Názorná ukázka vzorků v databázi.....	27
Obr. 6.4: Ilustrační obrázek z průběhu nahrávání.....	27
Obr. 6.5: Ilustrační obrázek LED (Light Emitting Diode) diody	28
Obr. 7.1: Obrázek jednotlivých dutin hlasového traktu (převzato z wikipedie).....	30
Obr. 7.2: Ilustrační obrázek průběhu řečového signálu slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze.....	31
Obr. 7.3: Kmitočtové spektrum slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze.....	32
Obr. 7.4: Spektrogram slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze.....	32
Obr. 7.5: Znázornění LPC analýzy s popisem parametrů pro samohlásku „e“	34
Obr. 7.6: Princip získání kepstra.....	36
Obr. 7.7: Průběh reálného kepstra samohlásky „a“	36
Obr. 7.8: Vykreslení řečového signálu samohlásky „a“ mluvčího 01 pro jednotlivé koncentrace alkoholu v dechu a LPC spektrum těchto signálů	38
Obr. 7.9: Průběh reálného kepstra mluvčí 01 samohlásky „a“ červeně pro střízlivý stav zeleně 1,5 ‰ alkoholu měřeno v dechu.....	40
Obr. 7.10: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „a“	42
Obr. 7.11: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „e“	42
Obr. 7.12: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „i“	42
Obr. 7.13: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „o“	43
Obr. 7.14: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „u“	43
Obr. 7.15: Změny na pozicích jednotlivých kepstrálních koeficientů pro jednotlivé koncentrace alkoholu mluvčího 02 a samohlásky „a“	45
Obr. 7.16: Změny na pozicích jednotlivých kepstrálních koeficientů pro jednotlivé koncentrace alkoholu mluvčího 03 a samohlásky „e“	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Rozdělení do skupin podle koncentrace alkoholu v krvi.....	3
Tab. 2.1 Dostupné měřicí přístroje vyšší kategorie	8
Tab. 7.1 Tabulka obvyklých kmitočtů $F1$ a $F2$ pro české samohlásky	30
Tab. 7.2 Rozdělení souhlásek do skupin.....	31
Tab. 7.3 Část tabulky reprezentující střední kmitočet a střední šířku pásma prvních třech formantů, frekvenci a velikost prvního antiformantu (část tabulky z přílohy A1)	39
Tab. 7.4 Výsledky získaných formantových kmitočtů samohlásek pro vybrané mluvčí a koncentrace alkoholu v dechu.....	41
Tab. 7.5 Vliv jednotlivých koncentrací alkoholu na kepstrální koeficienty	46
Tab. 7.6 Rozdíly ve formantových kmitočtech mezi profesionálně předstíranou alkoholovou a normální řečí	47

ÚVOD

Tato diplomová práce je věnována tomu, jakým způsobem ovlivní konzumace alkoholu řečový aparát. Nejdříve je pozornost věnována základním poznatkům o alkoholu, jaké účinky má na člověka z pohledu krátkodobého spektra, jak se projevuje, jaké činnosti člověka jsou jím nejvíce ovlivněny a kde může způsobit největší škody.

Dalším krokem je získání přehledu o tom, jak se dá koncentrace alkoholu v krvi měřit v laboratorním prostředí, jestli a čím se dá měřit v obyčejném prostředí, jaká je výpovědní hodnota tohoto měření. Jaké měřicí přístroje jsou dostupné na trhu pro běžného uživatele, na jaké přístroje spoléhají profesionálové a jak je to s jejich přesností.

Hlavním cílem projektu je přiblížit problematiku toho, jestli je možné určit ovlivnění alkoholem z řečového signálu. Nejdříve je pozornost věnována dostupným vědeckým publikacím, které se zabývají tímto problémem. Dále byla sepsána česká dokumentace již existující databáze alkoholové řeči ALC (Alcohol Language Corpus) vytvořené v Německu.

Za účelem získání vlastní databáze vhodných řečových signálů, byl na základě fonetických poznatků sestaven český text. Tento text obsahuje samohlásky, číslovky, jazykolamy a souvislý článek. Vlastní databáze je tvořena čtením tohoto textu jednotlivými mluvčími při různé míře alkoholu měřené v dechu. Kromě získání vzorků alkoholové řeči bylo provedeno i čtení téhož textu ve střízlivém stavu. Byl tedy získán vhodný materiál pro další analýzu.

Pozornost byla zaměřena na samohlásky jednotlivých mluvčích s rostoucími koncentracemi alkoholu v dechu. Byla vytvořena aplikace v prostředí MATLAB, která na základě poznatků o lineární predikci a formantových kmitočtech umožňuje získat jednotlivé parametry, které jsou porovnány ve výsledné tabulce pro různé míry koncentrace alkoholu jednotlivých mluvčích.

1 POZNATKY O ALKOHOLU

1.1 Co je to vlastně alkohol?

Alkohol je obecný termín označující skupinu organických chemikálií se společnými vlastnostmi jako ethanol, methanol, isopropanol, a další. Ethanol v obecném povědomí označován jako alkohol, je to čirá, těkavá kapalina, která snadno hoří. Má mírnou charakteristickou vůni a je rozpustný ve vodě. Alkohol je organická sloučenina složená z uhlíku, kyslíku a vodíku, jeho chemický vzorec je C_2H_5OH , je to jednoduchá a malá molekula, která vzniká kvašením cukrů. Podle současných poznatků je řazena mezi psychotropní látky. Vře při $77^\circ C$ a tuhne při $-117^\circ C$. Má řadu pozoruhodných vlastností.

1.2 Alkohol v lidském těle – metabolismus

Ke vstřebávání alkoholu do lidského organismu dochází prostou difuzí. Zhruba 20% alkoholu se vstřebává v žaludku, zbylých 80% potom v tenkém střevě. Postupem času je veškerý alkohol z trávicího traktu vstřebáván do krevního řečiště. Alkohol je rozpustný ve vodě a je tudíž pomocí krevního oběhu velice rychle rozveden po celém těle, kde se stává součástí tkání v poměru přímo úměrném jejich obsahu vody.

Alkohol je vylučován z organismu v převážné míře oxidací v procesu látkové přeměny přibližně 90 až 95%. Zbylé množství je vylučováno v nezměněné formě dechem a močí. Na oxidaci se největší měrou podílí játra 60-90%, alkohol je zde detoxikován a odstraněn z krve. Průměrná míra poklesu BAC (Blood alcohol Concentration) je 15 mg za hodinu. Činnost jater je do jisté míry omezena a nezvyšuje se s koncentrací alkoholu v krvi.

1.3 Alkohol ovlivňuje

Alkohol působí primárně na nervové buňky, zpomaluje komunikaci mezi nervovými buňkami. Vliv alkoholu se projevuje narušením činnosti centrálního nervového systému, díky rychlé distribuci alkoholu v těle, dochází k ovlivnění i v poměrně malých koncentracích. Nejvíce patrné je ovlivnění koordinace a kognitivních schopností. Tělo reaguje na alkohol v několika fázích, které odpovídají zvýšení BAC (Blood Alcohol Concentration).

1.4 Klasifikace

Pro klasifikaci se v celosvětovém měřítku se používá zkratka BAC, udává koncentraci alkoholu v krvi v %. Jednotlivá stádia určené množstvím koncentrace alkoholu v krvi můžeme rozdělit do sedmi základních fází, hranice mezi nimi nemusí být vlivem různých faktorů v organismu, specifických pro každého jedince, ostře dána.

- Předpoklady pro výraznější projevy alkoholu:
- + na osobách malého vzrůstu, s nízkou hmotností;
 - + na ženách - jejich organismus štěpí alkohol pomaleji;
 - + na velmi mladých a starých lidech;
 - + u některých příslušníků asijských národů, kteří alkohol štěpí hůře než Indoevropané
 - + při pití na lačný žaludek.

Sedm fází pro jednotlivé stupně koncentrace alkoholu v krvi a jeho projevy na organismu.

Tab. 1.1 Rozdělení do skupin podle koncentrace alkoholu v krvi

BAC (%)	fáze	Klinické příznaky
0,01 - 0,05	Subklinické pocit uvolnění změny nálady	Chování se jeví na první pohled v podstatě normální. Mírné změny v chování, snižování zábran. Při úrovni 0,05 alkoholu v krvi, začíná být chování člověka pod vlivem alkoholu nápadné. V tomto stádiu je vyšší riziko úrazů. Fyzikální účinky alkoholu a snížení zábran může mít za následek vykonávání činností, které by jinak člověk neprováděl, řízení pod vlivem, další požívání alkoholu, užívání drog a podobné odlišnosti oproti normálnímu stavu.
0,03 - 0,12	pocit tepla euforie	Zvýšená sebedůvěra, snížené zábrany. Snížení pozornosti, úsudku a kontrola. Začínají poruchy senzorické-motorické funkce organismu. Mírné euforie, družnost, mnohmluvnost, zvýšená sebedůvěra, snížení zábran. Snížení pozornosti, úsudku a kontroly. Začínající poruchy senzorických a motorických funkcí. Ztráta jistoty při jemných činnostech zaměřených na detail. Ztráta svalové kontroly, zhoršená schopnost rozhodování. Při úrovni 0,10 se začíná řeč jevit jako nezřetelná. Zhoršuje se schopnost úsudku a špatná koordinace může vést k pádům a úrazům.
0,09 - 0,25	vzrušení emotivnost	Emoční labilita, ztráta kritického úsudku. Poruchy vnímání, paměti a porozumění. Zpomalené senzorické reakce, prodloužení doba reakce. Snížená ostrost vidění, zhoršení periferního vidění. Narušená rovnováha. Ospalost. Senzorická-motorická nekoordinovanost. Ztráta paměti nebo její výpadky.

0,18 - 0,30	zpomalenost otupělost	<p>Dezorientace, zmatenost, závratě. Přehnané emoční stavy. Poruchy vidění a vnímání barev, poruchy pohybu a vnímání rozměrů v prostoru. Zvýšený práh bolesti. Zvýšená svalová nekoordinovanost, ohromující chůzi. Poruchy artikulace. Apatie, letargie. Nezvyklá hovornost, roste riziko ukvapeného impulzivního jednání. Nevolnost, zvracení – reakce organismu na nadměrnou konzumaci alkoholu, snaha organismu zbavit se alkoholu. Alkohol nepříznivě ovlivňuje smysl pro rovnováhu a prostorovou orientaci.</p>
0,25 - 0,40	apatie výrazná opilost	<p>Úpadek motorických funkcí . Výrazně snížené schopnosti reagovat na podněty. Značná svalová nekoordinovanost, neschopnost stát nebo chodit. Zvracení, inkontinence. Poruchy vědomí, spánek nebo apatie. Značná setrvačnost, blížící se ztrátě motorických funkcí. Výrazně snížené schopnosti reagovat na podněty. Markantní svalová nekoordinovanost, neschopnost stát nebo chodit. Zvracení, inkontinence. Poruchy vědomí, spánek nebo apatie. Zastřená řeč, někdy sklon k násilnému chování.</p>
0,35 - 0,50	bezvědomí	<p>Kompletní bezvědomí. Deprese, absence reflexů. Snížená tělesná teplota. Inkontinence . Poruchy krevního oběhu a dýchání . Zvýšené riziko úmrtí. Chybí reakce na zevní podněty. Ohrožení vdechnutím zvratků . Obtížná řeč, dvojité vidění, poruchy paměti, případně spánek. Při koncentraci alkoholu v krvi na úrovni 0,40 může člověk jen stěží ovládat funkce, je dezorientovaný a zmatený.</p>
0,45 +	hluboké bezvědomí	<p>Zvýšená pravděpodobnost úmrtí na zástavu dýchání. Při úrovni alkoholu v krvi 0,50 se zvyšuje riziko komatu, nastává život-ohrožující stav, možná respirační paralýza s následkem smrti.</p>

1.5 Projevy

Projevy intoxikace alkoholem můžeme z pohledu běžného pozorovatele rozčlenit do 3 stádií, která rozlišujeme podle psychických, tělesných příznaků a hladiny etanolu v krvi:

Excitační stádium je možno rozpoznat podle zvýšené duševní a tělesné aktivity, která je pozorovatelná krátce po požití alkoholu. Člověk se cítí sebejistý, silný a spokojený, vytrácí se kritičnost a smysl pro odpovědnost, je narušena koordinace pohybů a prodlužuje se reakční čas. Dochází k mírné změně v řeči, pro vzdáleného pozorovatele téměř neznatelná, změna intonace výslovnosti některých slov, souvislost mluveného projevu, změna barvy hlasu, používání neobvyklých spojení, rychlost řeči, emotivnost, zvýšení hlasitosti a sebedůvěry v projevu, tyto detaily jsou patrné až při porovnání s normální řečí. Alkohol snižuje citlivost na chuť, vůni, zhoršuje periferní vidění a citlivost na barvy, zhoršení schopnosti pozorovat pohybující se objekty.

Při narkotickém stádiu dochází k pozorovatelnému překrvení a zčervenání kůže, zejména pak v oblastech obličeje. Chůze se jeví vrávoravá, problém s udržením rovnováhy např. stání na jedné noze, chůze po rovné čáře nebo jemné motorické dovednosti, jako najít správný klíč a odemknout jím dveře se stávají velkým problémem. Reakce na podněty se ještě více zpomalují. Taková osoba může trpět dvojitým viděním a závratí, tento efekt se ještě výrazněji projeví při zavření očí nebo vleže, zornice jeví známky rozšíření, vážne reakce na světelný podnět. Dochází ke kulminaci krevního tlaku, pulsu a snížení tělesné teploty. Řečové schopnosti jsou do značné míry omezeny, řeč je nezřetelná, zastřená, dochází ke splývání významů slov. K častým příznakům patří zvracení a dochází k růstu objemu močení. Po předcházející euforii dochází k výraznému útlumu, zřetelná lhostejnost, pasivita, mnohdy doprovázená ztrátou smyslu pro realitu.

Kómatózní stádium, může dojít k bezvědomí, úplné motorické ochabnutí. Dýchání se jeví jako hluboké a zpomalené, značné riziko ohrožení života. V případě zvracení hrozí vdechnutí žaludečního obsahu a zástava dechu.

2 STANOVENÍ ALKOHOLU V ORGANISMU ČLOVĚKA

Pro zjištění alkoholu v organismu člověka bývá nejběžnější použít některou z následujících analýz:

2.1 Analýza dechu

2.1.1 Pomocí detekční trubičky

V dřívějších dobách se často spoléhalo na detekční trubičku. Takovýto test probíhal obvykle následovně: vyšetřovaná osoba vydechovaným vzduchem profoukne trubičku obsahující chemické činidlo do měrného sáčku. Když se v dechu vyskytnou látky schopné oxidace, projeví se chemickou reakcí, která způsobí zabarvení činidla do žluta až zelena. Podle intenzity a délky zabarvení je možno orientačně odhadnout množství požitého alkoholu. Tento způsob testování nepřinese žádné přesné kvantitativní zjištění, navíc není zcela specifický a reakce činidla může být vyvolána i jinými látkami např. aceton, ovoce, zubní pasty, ústní vody, bonbony.

2.1.2 Pomocí alkohol testeru

V současné době jsou nejrozšířenější metodou určení koncentrace alkoholu v organismu pomocí analýzy dechu přístroje nazývané souhrnně alkoholtestery, ty se potom dělí na dvě skupiny:

a) Alkoholtestery s polovodičovým senzorem

Jedná se o většinou komerčně dostupné měřiče. Největší a pravděpodobně jedinou výhodou těchto alkoholtesterů je nízká cena. Jednoduše můžeme říct, že výpovědní hodnota takovýchto přístrojů je mizivá, nazváno populárním slovem orientační. Takovýto přístroj nemůže být klasifikován schváleným měřidlem, v žádném případě se na něj nelze právně odvolat. A k čemu vlastně takový alkoholtestr použít, v převážné většině případů k samokontrolě a pouze informativní kontrole jiných osob.

b) Alkoholtestery s elektrochemickým senzorem

Přístroje s tímto senzorem jsou nesrovnatelně přesnější, spolehlivější a technicky podstatně náročnější.

Jak lze předpokládat takovéto přístroje přinášejí i mnohem větší nároky na cenu. Zvážíme-li důvody pro měření alkoholu v krvi, dojdeme k závěru, že ty přístroje mohou

zabránit celému množství nezanedbatelných rizik nejen rázu materiálního, ale především zdraví nebo dokonce život ohrožujících.

Budoucnost měření alkoholu v dechu se směřuje právě k tomuto principu měření. Přístroje jsou vybaveny elektrochemickým senzorem a zajišťuje tak přesná, opakovatelná a spolehlivá měření. Ve většině případů bývají schválené, jako stanovené měřidlo a jsou tedy použitelné i pro nejnáročnější aplikace bez omezení.

2.2 Analýza tělních vzorků

K nejpřesnějším metodám z hlediska kvantitativního zjištění hladiny alkoholu v krvi patří nepochybně rozbor krve na základě chemických či fyzikálně-chemických metod. V současné době můžeme považovat za objektivně stanovenou hodnotu alkoholu v krvi pomocí metody plynové chromatografie, která je následována kontrolou Widmarkovou metodou, výsledná hodnota se pak určí jako průměr z více stanovení.

Plynová chromatografie je metoda, jejíž princip spočívá v oddělení jednotlivých těkavých látek z krve. Největší předností je kvalitativně specifické a kvantitativně přesné stanovení koncentrace etanolu a rozlišení jednotlivých těkavých látek, jako je metanol, sekundární propanol, aceton, acetaldehyd, toluen a další. V moderních laboratořích je stanovení alkoholu značně automatizováno, obsluha provádí pouze přípravu vzorků a po zpracování zkontroluje výsledky, při jejichž prezentaci je potřeba brát v úvahu shodu jednotlivých analýz a přítomnost jiných látek než etanolu.

Widmarkova zkouška je analytická metoda velmi přesná a spolehlivá. Mezi největší výhody patří vysoká citlivost a poměrná jednoduchost, řadí se tak mezi rutinní laboratorní úkony. Největší nevýhoda spočívá v nedostatečné specifičnosti, jelikož jsou při této zkoušce používány jako redukující činidla látky vykazující podobné vlastnosti, jako etanol a další těkavé látky.

Výsledek stanovení je pouze jeden, jedná se o průměrnou hodnotu, musí však být splněny požadavky na přípustnou laboratorní odchylku a výsledky stanovení oběma metodami se nesmějí navzájem lišit u koncentrací etanolu do $3,00 \text{ g.kg}^{-1}$ o více než $0,20 \text{ g.kg}^{-1}$.

Nejznámější interpretací koncentrace alkoholu v krvi je uváděna promilích ‰, tento údaj přímo koresponduje s g.kg^{-1} ($1 \text{ ‰} = 1 \text{ g.kg}^{-1}$). Pro medicínské účely je koncentrace alkoholu v krvi vyjádřena v mmol.l^{-1} .

Kromě těchto metod existují i další:

Z biologických jmenujme metodu ADH, jedná se o enzymatické určení alkoholu v krvi katalytickou oxidací etylalkoholu na acetaldehyd pomocí alkoholdehydrogenázy (ADH). Přítomnost alkoholu v organismu může být spolehlivě prokázána i analýzou dalších tělních tekutin např. moči, přesnost výsledku je téměř totožná, jako u krve. Alkohol lze prokázat i analýzou tkání.

2.3 Měřicí přístroje

Měřicí přístroje pro zjištění alkoholu v krvi se běžně označují alkohol testery. Pozornost zaměříme zejména na přístroje schválené, jako certifikovaná měřidla **českým metrologickým institutem**, jež umožňují použití bez omezení. Existuje i řada orientačních měřicích přístrojů, ale jejich výpovědní hodnota nemá takovou váhu. Hlavní aspekty při hodnocení alkohol testerů tvoří zejména měřicí rozsah, přesnost, rozlišení, typ senzoru, stabilita a potlačení vnějších vlivů, možnost měření hlubokoplicního vzduchu pro přesná měření a v neposlední řadě také pořizovací náklady. Pro ilustraci dostupných měřicích přístrojů jsou v následující tabulce uvedeny některé exempláře z nabídky firmy Qtest, která se zabývá výrobou profesionální měřicí techniky.

Tab. 2.1 Dostupné měřicí přístroje vyšší kategorie

označení	měří od-do	rozlišení	senzor	cena	bližší popis
Evolve Next	0,2-1,5‰	0,1	elektronický plynový	Cena 538,- Kč (bez DPH) (647,- Kč s DPH)	Certifikace: EMC DIRECTIVE 89/336EEC(CE certifikace)
AlcoSafe KX 2600	0,0 - 4,0‰	0,01 ‰	polovodičový	Cena 1.350,- Kč (bez DPH) (1.620,- Kč s DPH)	Osobní: Schválený Federálním ministerstvem dopravy USA - certifikace DOT
AlcoSafe KX 7000S	0,0 - 4,0‰	0,01 ‰	polovodičový	Cena 1.500,- Kč (bez DPH) (1.800,- Kč s DPH)	poloprofesionální DECT- zvýšení stability a přesnosti, potlačení vnějších vlivů EVT- měření hlubokoplicního vzduchu pro přesná měření
CA 2000	0,0 - 4,0‰	0,1 ‰	polovodičový	Cena 1.950,- Kč (bez DPH) (2.340,- Kč s DPH)	poloprofesionální Zkušební certifikát ČMIZR 144 / 04 - 0038
Alco-Scent DA-8000	0,00 - 5,0‰	0,01 ‰	speciální elektro-chemický	Cena 4.117,- Kč (bez DPH) (4.940,- Kč s DPH)	Profesionální alkoholtester vhodný zejména pro firemní použití ZR 144 / 08 - 0055

Alco-Quant 6020	0,00 - 5,00 ‰	0,01 ‰	speciální elektro-chemický	Cena 18.900,- Kč (bez DPH)	Profesionální alkoholtester splňující všechny požadavky na nejnáročnější měření, jak technické, tak legislativní.
<p>Jedná se o schválené stanovené měřidlo, určené i pro použití státními kontrolními orgány. Tento typ by měl být jednoznačnou volbou všude tam, kde jde o oficiální kontrolu jiných osob, vyvozování případných sankcí apod. Tento přístroj je používán policií. Zabírá první příčku na žebříčku nejlepších přístrojů v této oblasti.</p>					



Obr. 2.1: AlcoQuant6020 profesionální alkoholtester používaný policisty (schválené měřidlo)

2.4 Zjištění alkoholu výpočtem a rizika v dopravě

Máme-li potřebu zjistit, jestli by naše krev mohla obsahovat zbytky alkoholu nebo potřebujeme-li zjistit přibližné množství alkoholu, které smíme vypít před plánovanou účastí v silničním provozu, je nám na internetu k dispozici velké množství alkoholových kalkulaček. Po zadání základních vstupních parametrů:

- množství zkonsumovaných nápojů, podle obsaženého alkoholu (základní pivo, víno a běžné destiláty jsou přednastavené)
- časové intervaly mezi konzumací jednotlivých nápojů a doby od požití
- důležitou roli hraje i hmotnost a pohlaví člověka
- u některých je možno zadat reálnou hodinu provádění kalkulace

Na výstupu potom získáme aktuální množství alkoholu v krvi (promile) a nástin toho jak se bude alkohol postupně odbourávat a hodinu, kdy bude náš organismus bez známek alkoholu. Typické hodnoty jsou pro ilustraci uvedeny v následující tabulce. Tyto hodnoty jsou do značné míry orientační, záleží na fyzickém, psychickém stavu a prostředí.

Tab. 2.2 Typické hodnoty koncentrace při aplikaci na běžné situace

typ nápoje	množství	promile v krvi	doba odbourání	pohlaví/hmotnost
pivo 10°	500ml(jedno)	0,24	cca 3 hodiny	muž /85kg
pivo 10°	1500ml (tři)	0,73	cca 6 hodin	muž /85kg
pivo 10°	1500ml (tři)	1,09	cca 9 hodin	žena/65Kg
víno	2dcl	0,30	cca 3 hodiny	muž /85kg
sekt	2dcl	0,33	cca 4 hodiny	muž /85kg
destilát 40%(whisky, fernet)	0,05l	0,28	cca 3 hodiny	muž /85kg

Pro výpočty byla použita odborníky schválená internetová kalkulačka <http://auto.idnes.cz/alkulacka.asp> (je přibližně o 1/3 času skeptičtější než většina ostatních kalkulaček, co do počtu promile si kalkulačky odpovídají.)

Většina všech souvislostí s množstvím alkoholu v krvi a jeho testování souvisí s řízením motorových vozidel. Tato každodenní činnost je složitý úkol, integruje koordinaci mnoha dovedností a schopností. Dochází k neustálým interakcím mezi řidičem, vozidlem a okolím.

Každá informace je vyhodnocována a zpracována k fyzické činnosti nebo rozhodnutí. Každá nepatrná prodleva reakce může znamenat nebezpečí, ať už pro samotného řidiče nebo ostatní účastníky provozu. Alkohol působí na smysly člověka a degraduje jeho schopnosti k řízení. Konzumace alkoholu může řidiči způsobit řadu komplikací: poruchy zrakového vnímání – tunelové vidění, zhoršení periferního vidění, pozorování pohybujících se předmětů a vnímání barev, zhoršená schopnost soustředění, vzrůst tendence riskovat, přeceňovat schopnosti, zhoršení odhadu vzdálenosti, nárůst

reakční doby. Dá se prokázat, že i velmi malé množství alkoholu zhorší schopnost řízení. Riziko smrti vlivem alkoholu za volantem je neúměrně vyšší, při požití 12g alkoholu 3,4 x, 45g 20x a 100g dokonce 40x. Zhoršení řidičských schopností nastává i při stavu, kdy již alkohol vymizel „kocovina“.

3 DOSTUPNÉ PUBLIKACE, ZABÝVAJÍCÍ SE VLIVEM ALKOHOLU NA ŘEČOVÝ APARÁT

V následující části zaměříme pozornost na to, jestli je možné určit z mluveného projevu, zdali je subjekt pod vlivem alkoholu. Je zřejmé, že tímto problémem se zabývají některé vědecké publikace, ze kterých je čerpáno v následující části. Je zde vždy uvedena přesná specifikace problému, stručný obsah a výsledky jednotlivých vědeckých publikací, které jsou k tomuto tématu dostupné.

Celá myšlenka byla odstartována náhodou, při havárii cisternové lodi Exxon Valdez, jejíž kapitán byl podezřelý z intoxikace alkoholem. Byla sice provedena krevní analýza, jenže po uplynutí časového intervalu, po kterém už analýza nebyla efektivní a průkazná. Jediným materiálem, který bylo možné analyzovat, byla nahrávka rozhovoru z lodní komunikace. Mluvený projev v této nahrávce jevil odchylky od normálního stavu.

Největším veřejně dostupným projektem se stala databáze ALC.

3.1 Use of Prosodic Speech Characteristics for Automated Detection of Alcohol Intoxication

(Použití prozodických charakteristických rysů v mluveném projevu pro automatizované zjištění intoxikace alkoholem)

Michael Levitt[†], Richard Hubert[‡], Anton Batliner[†], Elmar Noeth[†]
[†]Chair for Pattern Recognition, University of Erlangen, Germany
{levitt,batliner,noeth}@immd5.informatik.uni-erlangen.de
[‡]Sympalog Speech Technologies AG, Germany
huber@sympalog.com

Hlavní náplní tohoto příspěvku byla, jak už sám název napovídá, metodika pro automatickou detekci alkoholu v krvi, na základě mluveného projevu. Pohled na tuto problematiku byl směřován k množství alkoholu většímu než 0,8‰. Zejména pak, na vliv intoxikace alkoholem na mluvený signál.

Už v úvodu nám vyvstanou dva základní problémy. Jak prokázalo několik pokusů, změny v mluveném projevu, mohou být způsobeny i stresem nebo emocemi a u některých jedinců se může vyskytnout vada řeči. Tyto aspekty mohou do značné míry ovlivnit klasifikaci vlivu alkoholu na řečový signál.

Předpoklad byl, že intoxikace alkoholem bude ovlivňovat prozodické charakteristiky řeči. Jedna z možností klasifikace je, prostřednictvím prozodických charakteristik vypočítat

jeden vektor prozodických charakteristik pro každý signál v intervalech odpovídající lexikální jednotce řeči (např. slovo). To je ale značně nevýhodné, když se v řeči vyskytnou abnormality. Proto se přechází k novému přístupu rozdělení na frázové jednotky.

Předpokládáme, že ukazatele na intoxikaci alkoholem přetrvávají v celém řečovém signálu. Pomocí frame-wise výpočtu jsou určeny základní prozodické charakteristiky: základní frekvence, nulové – křížení rate. Tyto frázové jednotky se většinou shodují s intonací, jsou závislé na tempu, obvykle mezi jednou a třemi sekundami. Pro klasifikační funkci byly vytvořeny čtyři skupiny funkcí reprezentující jednotlivé vlastnosti. Z databáze německé policie bylo získáno 120 vzorků řeči reprezentující muže s obsaženým alkoholem v krvi v rozmezí 0-2,4 promile o průměrné délce frázové jednotky 2,3s. Vzorky byly rozčleněny na dvě skupiny pod vlivem alkoholu a neovlivněné alkoholem s mezní hodnotou 0,8‰. Výsledky byly stanoveny jako kombinace jednotlivých funkcí. Bylo zjištěno, že celý záznam je možné přiřadit do jedné skupiny alkoholová nebo normální řeč, na základě většiny frázových jednotek.

V další části byla snaha o rozčlenění do skupin s jednotlivým množstvím alkoholu, problémy se vyskytovaly na mezní hranici a těsně za ní, krajní extrémy byly určeny s vysokou přesností.

Bylo prokázáno, že problém automatického rozpoznání intoxikace alkoholem lidské řeči, může být řešitelná pomocí charakteristických prozodických rysů. Bylo zde demonstrováno, jak je možné získat prozodické rysy z mluveného signálu, aniž by došlo k členění po slovech.

Jak je patrné k získání základních prozodických rysů lze použít delší intervaly označené frázové jednotky, odpovídající syntaktickým strukturám jazyka. Byla určena

sada strukturálních prozodických rysů schopných automatizovaně odhalit intoxikaci alkoholem. V experimentu se provádělo rozdělení hlasových signálů ovlivněných různým stupněm intoxikace alkoholem na dvě skupiny, řeč ovlivněná alkoholem a běžná řeč. Dělicím parametrem byla hranice alkoholu 0,8 promile, tedy každá vyšší koncentrace spadala do skupiny řeč ovlivněná požitým alkoholem. Bylo dosaženo úspěšnosti téměř 69%, což lze považovat za úspěch, jako kritický bod se ukázalo rozhodování blízko hranice v ostatních částech charakteristiky bylo určení spolehlivé.

Tato publikace je dostupná v elektronické podobě na:

http://www.icsi.berkeley.edu/~levit/papers/ISCAPros01_Alcohol.pdf

3.2 ALC — Alcohol Language Corpus

Florian Schiel¹; Christian Heinrich¹; Sabine Barfuss¹; Thomas Gilg

Ludwig-Maximilians-Universität, München

¹Bavarian Archive for Speech Signals, ²Institute of Legal Medicine

¹Schellingstr. 3, 80799 München, Germany; ²Nussbaumstr. 26, 80336 München, Germany

schiel@bas-services.de; heinrich@bas.uni-muenchen.de;

Thomas.Gilg@med.uni-muenchen.de

Dříve existovalo několik studií, které se zabývaly tím, jak alkohol ovlivňuje řečový signál. Tyto studie byly ovšem založeny na datech, která nejsou běžně dostupná, počet vzorků nebyl postačující. Doposad se taky nepodařilo spolehlivě určit požití alkoholu z mluveného projevu. Revolučním projektem je ALC (Alcohol Language Corpus), který shromažďuje značné množství vzorků alkoholické a střízlivé řeči. Podává také detailní popis rysů korpusu a metodologie. V tomto příspěvku jsou prezentovány výsledky spolehlivé signalizace požití alkoholu.

Dřívější studie se zaměřovali, jen na řeč dospělých mužských jedinců, kteří byli nahráváni při čtení textů, která je velmi statická a v běžném životě nepoužitelná. Hlavním cílem tedy bylo vytvořit databázi spontánní řeči, která se nejvíce blíží běžným životním situacím.

Byla tedy snaha vytvořit širokou databázi napříč věku i pohlaví, která bude veřejně dostupná pro další vědecké účely. Dalším cílem bylo zkoumání téhož jevu v prostředí automobilu. Zkušební testy probíhaly, tak, že si každý člověk vylosoval hodnotu obsahu alkoholu v krvi v rozmezí 0,5-2,5 promile, úměrně jeho tělesným dispozicím mu bylo vypočteno množství alkoholu, které zkonzumuje. Po dvaceti minutách byla provedena kontrola pomocí analýzy dechu a krve. V následujících 15 minutách byla prováděna zkouška ALC mluveného projevu.

Za 14 dní bylo provedeno měření u týchž jedinců, tentokrát při střízlivé řeči v době trvání 30 minut. Jedinci, u kterých byly na první pohled patrné psychické nebo patologické faktory, které by mohli ovlivnit řeč, byli z testu vyloučeni nebo přeloženi.

Test probíhal v prostředí automobilu, byl veden dialog. Záznam byl prováděn pomocí dvou mikrofonů, které byly propojeny ve zvukovém rozhraní a převedeny na digitální záznam s parametry: vzorkovací kmitočet 44,1kHz, 16 bit, PCM a uloženy do laptopu. V některých případech byly nahrávky prováděny při nastartovaném motoru. Testovací úseky byly: čtená řeč, příkazy, spontánní monology a dialogy (pět adres, dva jazykolamy, několik vět a základní povely používané v automobilech). Testované osoby byly voleny rovnoměrně z pěti lokalit v Jižním Německu, muži i ženy ve čtyřech věkových skupinách počínaje věkem 22 a konče 75 let. Hodnotily se přechytlivé a neúplně vyslovená slova byly označeny jako chyby a porovnány alkoholová i střízlivá řeč. Celý projekt je dostupný vědecké veřejnosti www.bas.uni-muenchen.de/Bas.

Tato publikace je dostupná v elektronické podobě na: http://www.phonetik.uni-muenchen.de/forschung/publikationen/LREC2008_Heinrich.pdf

3.3 Laying the Foundation for In-car Alcohol Detection by Speech

Florian Schiel, Christian Heinrich

Bavarian Archive for Speech Signals (BAS), Ludwig-Maximilians-Universität
München, Germany

schiel@bas.uni-muenchen.de, heinrich@bas.uni-muenchen.de

V současné době narůstá počet funkcí, které můžeme v automobilu ovládat hlasem. Vystává nám tedy otázka, jestli by bylo možné z hlasového vstupu určit možnou intoxikaci alkoholem u řidiče. Na toto se již zaměřil projekt ALC, který prokázal vliv alkoholu na řečový signál v oblasti základní frekvence a rytmu. V tomto projektu je snaha vedena směrem signalizace stavu opilosti z běžného spontánního mluveného projevu.

Je známo, že u mnoha automobilových nehod byla prokázána nenulová koncentrace alkoholu v krvi. Jsou známy klasické invazivní metody jako vzorky krve nebo dechu. Na místě je tedy otázka, jestli je možné spolehlivě určit požití alkoholu z mluveného projevu. V dnešní době se v automobilech množí funkce ovládané hlasem, které mají charakter většinou příkazů přijímaných palubním mikrofonom. V blízké budoucnosti bude zapotřebí důmyslnější hlasový vstup integrovaný v automobilech. Nabízí se zajímavá otázka, bude-li rozšířena posloupnost vstupních hlasových signálů v komunikaci s automobilovým systémem, mohl by tento systém automaticky rozpoznat ovlivnění alkoholem a informovat řidiče o jeho stavu?

Pro test je potřebná dostatečně velká databáze mužských a ženských hlasů, pro testování algoritmů, lingvistickou a fonetickou analýzu. K tomuto účelu byl vytvořen projekt ALC, který shromáždil velké množství vzorků alkoholové i střízlivé řeči zaznamenané v automobilovém prostředí.

Náplní této publikace je několik částí:

- Vliv alkoholu na dopravu. Intoxikace alkoholem ovlivňuje schopnost řidičů mít vozidlo pod kontrolou a podílí se na značném procentu dopravních nehod.
- Popis projektu ALC jak je patrné z dřívějšího textu ALC.

Všechny nahrávky ALC probíhaly v prostředí automobilu v kombinacích příkaz, spoutání, čtení, střízlivá nebo alkoholická řeč s motorem v chodu nebo v klidu. Příkazy byly volené tak, aby odpovídaly skutečným příkazům ovládání automobilu. Při specifických činnostech pro běžného řidiče a nastartovaném motoru byly k palubnímu systému vyslány příkazy průměrné délky. Pokus je demonstrován na 82 (42 žen/37 mužů) vzorcích jednotlivých typů řeči. Byly pozorovány vlastnosti základní frekvence a rytmus.

- Základní frekvence. Jak se ukázalo i v dřívějších projektech hladina alkoholu v krvi ovlivní základní frekvenci. Pro výpočty byl použit algoritmus Vincent-Schaefer. Jak je patrné i grafické interpretace dochází ke zvýšení základní

frekvence zejména u žen, u mužů dochází ke kolísání nahoru i dolů a v 16% procentech případů nedojde k žádné změně.

- Rytmus. Vyšetřoval se rytmus časových vzorků znělých a neznělých částí souvislého toku signálu. Rysy rytmu jsou založené na členitosti souhlásek, samohlásek a ticha na úseky odpovídající fonetické členitosti. Seskupení souhlásek a samohlásek do shluků, soustředíme se na 5 rysů:

deltaV.sd- trvání shluků samohlásky

deltaSN.sd- vzdálenost mezi jednotlivými jádry slabiky

nPVI-V - průměrný rozdíl trvání za sebou jdoucích

seskupení samohlásek

nPVI-SN – průměrný rozdíl za sebou jdoucích jader

slabik

ps-persyl – odráží prodloužené váhání

Největší rozdíly mezi alkoholickou a střízlivou řečí jsou patrné u parametru deltaV.sd. Shrňme-li dosažené výsledky, dojdeme k závěru, že byl vytvořen korpus alkoholové řeči z prostředí automobilu.

Bylo prokázáno, že alkohol se projevuje na řečovém signálu v oblasti základní frekvence a rytmu. Cíle do budoucna jsou kladeny na výzkum zaměřený na širší analýzu fonetických rysů a prozodických obrysů vedoucích ke statistickému třídění.

Tato publikace je v elektronické podobě dostupná na: <http://www.phonetik.uni-muenchen.de/forschung/publikationen/Schiel-IS2009.pdf>

3.4 Recognition of Alcohol Influence on Speech

Institute of Radio Electronics, Brno University of Technology
Purkynova 118, 612 00 Brno, Czech Republic
Mensik@urel.fee.vutbr.cz

V tomto příspěvku jsou položeny dvě základní otázky: Je možné pomocí standardních parametrů řeči rozpoznat, jestli je ovlivněná alkoholem. Jaké jsou vhodné fonémy, křížení fonémů a typ parametrizace pro zjištění alkoholu v řeči.

Alkohol způsobuje krátkodobé emocionální změny v organismu. Rozpoznání alkoholu je navýšené o rozpoznání emocionálního stavu. Proto se budeme soustředit na hlasové parametry nesené plochou signálu.

Hlasové parametry mohou být ovlivněny psychomotorickými změnami. Od hranice 0,5 promile je možné oddělit vliv emocí. Pozornost je v tomto případě zaměřena na rozmezí 0,5-1,5 promile. V tomto projektu byla vytvořena databáze čítající 25 mluvčích, 13 mužů a 12 žen ve věku 18-50. Byly zaznamenané řečové signály alkoholové řeči i střízlivé řeči, souběžně bylo provedeno měření BAC metrem. Zaznamenané hlasové projevy byly vybrány empirickým kritériem většinou slova obsahující „r“ a „l“, relativně obtížně vyslovitelné. Pro nahrávání bylo použito vzorkovací frekvence 44,1 kHz s 16 bitovým kvantováním. Záznamy byly parametrizovány, typická segmentace 20 ms s použitím hamitova okna. Řečové signály byly rozděleny na střízlivé a alkoholické s hranicí 0,5 promile. Bylo použito DTW průměrování. Byl pozorován rozptyl uvnitř stavu a mezi stavy. Tyto rozptyly byly sečteny napříč časovým rozměrem a dimenzí parametru. Jako nejvhodnější se ukázala funkce DLAR(delta log area ratio). V 75% procentech bylo stejné umístění účelové funkce kolem „r“ a jejím křížení se samohláskou a nosovkou, každá rychlá změna spektra způsobuje specifickou špičku. Bylo taky zjištěno, že stejná koncentrace BAC se u mluvčích, kteří jeví svalovou aktivitu projeví méně.

Je tedy evidentní, že je možné zjistit intoxikaci alkoholem z řeči. Jako cíle do budoucna je rozšíření databáze a zpřesnění metod.

Tato publikace je v elektronické podobě dostupná na: <http://www.springerlink.com/content/ffpcnfmn56yb5v0m/fulltext.pdf>

4 DOSTUPNÉ DATABÁZE

Při pokusech o nalezení databáze alkoholové řeči byly použity řetězce slov alkohol*databáze*řeč v různých modifikacích a jazycích. Jediný uspokojivý výsledek přinesla databáze ALC, jedná se o jedinečný projekt, zejména v přístupnosti veřejnosti. Žádná podobná databáze nebyla nalezena, tudíž není ani možné zpracovat přehled dostupných databází.

5 DOKUMENTACE ALC

ALC- Alcohol Language Corpus

Jedná se o největší projekt v souvislosti s nahrávkami hlasu mluvčích pod vlivem různé míry alkoholu. Tuto databázi a bližší informace můžeme najít na stránkách BAS (bavorský archiv řečových signálů) <http://www.bas.uni-muenchen.de/Bas> , který se nachází na Ludwig Maximilianově Univerzitě v Mnichově, Německo. Všechny nahrávky jsou, proto v německém jazyce.

5.1 Způsob nahrávání

Tato databáze obsahuje velké množství nahrávek řečového signálu mluvčích s různou mírou alkoholu v krvi. Každý mluvčí měl pomocí vzorce určenou míru alkoholu, na kterou se měl dostat v rozmezí 0,5-2,5 promile, skutečná úroveň byla měřena v dechu a odběrem krevního vzorku těsně před nahrávkami hlasu v době 20-40 minut po konzumaci, pro vyloučení nepřesného stanovení míry alkoholu.

Nahrávky byly prováděny ve dvou stojících automobilech, pro zajištění stálého zvukového prostředí. Od každého mluvčího byly pořízeny vzorky střízlivého i alkoholového hlasu, vždy při stejných podmínkách: stejný automobil, tentýž text i dialog.

Pořízení zvukové stopy bylo provedeno pomocí softwaru speechrecorder ve formátu WAV se vzorkováním 44,1 kHz na 16 bitů, PCM. Nahrávání probíhalo ve dvou akusticky odlišných automobilech CAR_A Volkswagen Passat Variant Diesel 134PS 2004, který má velký vnitřní akustický prostor a CAR_B Opel Astra (GM) Astra Coupe 22, který má malý vnitřní akustický prostor. Byly použity mikrofony Q400Mk2T používaný v automobilech pro hlasové ovládání, umístěný v oblasti stropního osvětlení v místě ukotvení zpětného zrcátka a Opus 54 Condenser Microphon, který se nacházel 5cm nalevo od úst mluvčího. Mluvčí se nacházel na pozici spolujezdce.



Obr. 5.1: Ilustrační obrázek z průběhu nahrávání (převzato z databáze ALC)

Motivací pro volbu prostředí právě v automobilech byla tendence, stále více používaného hlasového rozhraní pro ovládání některých funkcí v automobilu.

Základní myšlenka je tedy taková, že systém v automobilu vykoná příkazy řidiče založené na klasické spisovné řeči, známé z běžného denního režimu, vyhodnotí-li však systém charakteristickou odchylku, která by mohla být způsobená intoxikací alkoholem, zachová se preventivně pro ochranu řidiče i ostatních účastníků silničního provozu.

Záznamy řeči nejsou tvořeny pouze staticky čteným textem ale i dialogy a spontánní řečí. Kromě početnosti vzorků, která zahrnuje, jak muže, tak ženy v zastoupení věkového spektra čtyřmi věkovými skupinami: 22-27, 28-35, 36-50, > 50, je databáze ALC unikátní zpřístupněním nahrávek veřejnosti.

Každý řečník musel mít minimálně 22 let, účastnit se testů z vlastní vůle a podepsat souhlas s dalším použitím nahrávek pro vědecké účely.

Nahrávky se vždy skládaly z následujících položek: monology, dialogy, čísla, povely, adresy a jazykolamy dohromady 30 pro alkoholovou řeč a 60 pro střízlivou.

Nahrávání intoxikovaného hlasu obsahuje následující položky řeči:

- 3 monology
- 2 dialogy
- 5 čísel
- 9 povelů a příkazů (4 čtené, 5 spontánních)
- 6 adres (hláskovaných)
- 5 jazykolamů

Celkem: 30

Záznamu střízlivého hlasu je tvořen z následujících položek:

- 5 monology
- 5 dialogů
- 10 čísel
- 19 povelů a příkazů (9 čtených, 10 spontánních)
- 11 adres (hláskovaných)
- 10 jazykolamů

Celkem: 60

5.2 Struktura databáze

Jádro databáze je tvořeno dvěma částmi, bloky dat vzorků a dokumentací. V dokumentaci nalezneme datasheety jednotlivých použitých přístrojů, technický popis struktury databáze, ALC skript (softwarová opora pro získání vzorků řeči, na monitoru notebooku byla mluvčímu zobrazena požadovaná činnost např: „přečtěte telefonní číslo“), obrázky, dokumentace BFP (Bas Partitur Format) a text ALC viz. 3.2 v předchozím textu.

Bloky dat jsou rozděleny podle jednotlivých sezení a každý mluvčí pak na kratší úseky. V jedné složce se tedy nacházejí krátké úseky mluveného projevu jednoho mluvčího, které odpovídají požadavkům na monitoru, řádově několik sekund řazený postupně za sebou podle posledního trojčíslí 0061006001_h_00. Tomuto názvu ve složce odpovídají čtyři soubory s různou příponou: 0061006001_h_00.par(textový přepis zvukové stopy rozšířený o informace charakterizující soubor.wav), 0061006001_h_00.TextGird (fonémické segmentace), 0061006001_m_00.wav (nahrávka z palubního mikrofону ve stropní části vozidla) a 0061006001_h_00.wav (nahrávka z náhlavního mikrofону).

Příklad:

DATA/BLOCK40/SES4004/5084004005_m_01.par:

rozšíření 'par': BPF (Bas Partitur Format)

mluvčí '508 ': zaznamenaný v CAR_A

sezení '4004 ': střízlivý stav v CAR_A

výzva na monitoru '005 ': "Sie eine Geschichte Erzählen zum Bild"

Podle PROMPTS_NA.TBL (NA- Non Alcoholized)

kanál: 'm' palubní mikrofon

Verze: '01 ': první opakování

Jednotliví mluvčí jsou anonymní, označení ID xxx, trojčíferným číslem

000-499 pro CAR_B a 500-999 CAR_A, podle seznamu lze rozdělit vzorky na alkoholové A (A – alcoholized , bloky 10 a 30) a střízlivé řeči NA (NA- Non Alcoholized bloky 20 a 40).

Zaznamenány byly ovšem i další údaje: věk, pohlaví, váha, výška, region navštěvování základní školy, profese, kuřák nebo nekuřák. Tyto údaje je možné nalézt pod následujícími zkratkami.

SCD : mluvčí ID

SEX : pohlaví M/F

AGE : věk

ACC : území německé spolkové země, na kterém se nacházela základní škola, kterou navštěvoval mluvčí (pro posouzení vlivu nářeční v oblasti)

CODE : označení Spolkové země např : BB | Braniborsko, BE | Berlín

WEI : výška (cm)

HEI : váha (kg)

EDU: úroveň vzdělání (škola, zkouška)

PRO: profese

SMO: kuřák / nekuřák

DRH: stanovuje běžné návyky mluvčího k pití alkoholu, podle množství a četnosti jsou mluvčí rozděleni do tří kategorií konzumentů:

lehký = spotřebuje malé množství a zřídka

střední = konzumuje (málo a často), nebo (hodně a zřídka)

silný = pije často a hodně

COM: případný komentář k mluvčímu

SES: ID relace

RED: datum nahrávání YYYY / MM / DD

RET: doba nahrávání HH: mm

ENV: CAR_A nebo CAR_B

AAK: koncentrace alkoholu získaná z dechu BAC (0,01 až 1%)

BAK: měření alkoholu v krvi

GES: Před samotným testováním byli mluvčí požádáni, aby posoudili svojí náladu pro tento den v 10 kategoriích:

f1 šťastný

f2 vystresovaný

f3 agresivní

f4 smutný

f5 uvolněný

f6 unavený

f7 depresivní

f8 zoufalý

f9 odpočatý

f10 rozpačitý

CES: stav mluvčího v průběhu zkoušky r1 uvolněný... r4 nervózní

WEA: počasí v průběhu testu: slunečno, deštivo

Objektem zájmu bylo zkoumání chyb ve smyslu přechytlivostí, nesprávné výslovnosti a neúplná artikulace. Chyby byly klasifikovány ve 4 skupinách: opomenutí, vkládání, substituce a opakování. Byly vytvořeny statistické tabulky, ukazující právě na tyto projevy. Jak je patrné nebyla nalezena žádná korelace mezi výskytem zmíněných chyb a změnou koncentrace BAC.

Současná verze databáze ALC (2.0) ze 04.11.2010, je tvořena nahrávkami 77 žen a 85 mužů, celková velikost korpusu čítá 30 GByte dat. Dokumentace a další informace o databázi včetně ceny a dostupnosti je možné najít na

<http://www.phonetik.uni-muenchen.de/forschung/Bas/BasALCeng.html> .

6 VLASTNÍ DATABÁZE ŘEČOVÝCH SIGNÁLŮ

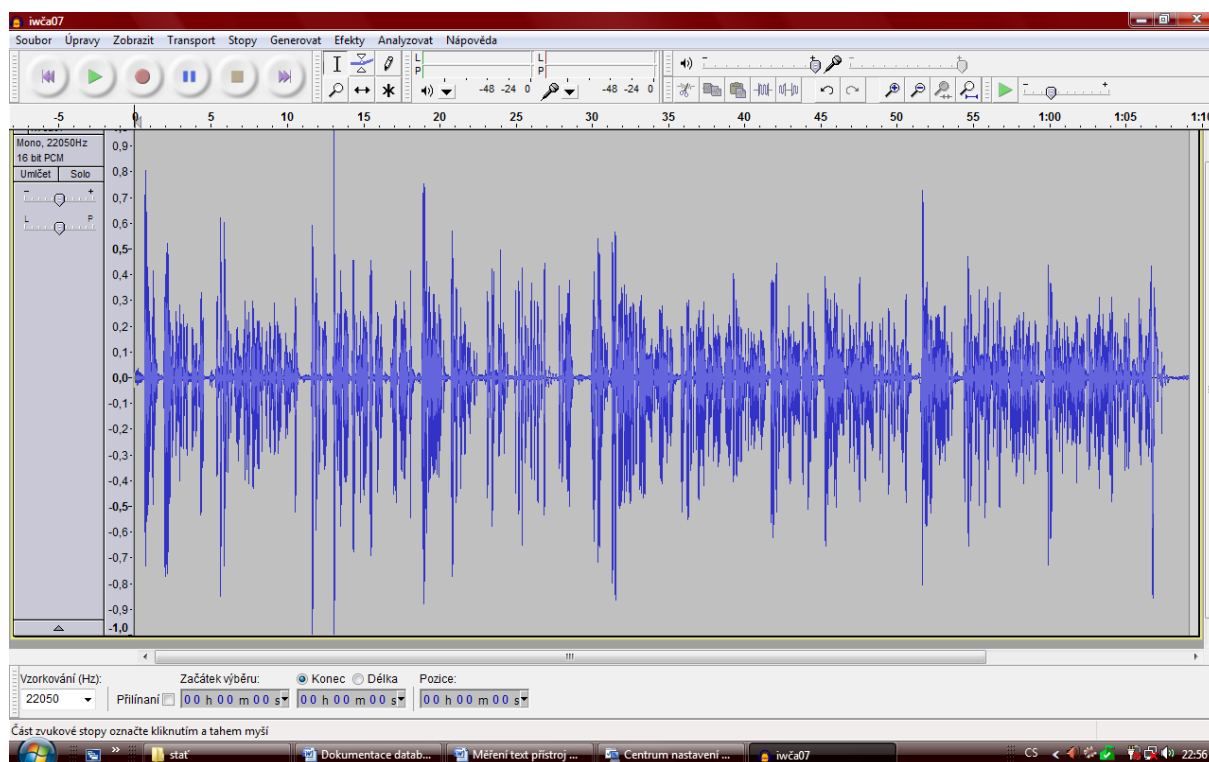
6.1 Vlastní databáze

Součástí této práce je sestavení databáze mluveného projevu reprezentující vliv alkoholu, která je tvořena ze dvou částí profesionálně předstíraná a reálná alkoholová řeč.

Pro získání vzorků předstírané řeči jsou použity útržky z filmů: Jak básníkům chutná život, Pelíšky, Perníková věž, S čerty nejsou žerty, Gympl a Dědictví aneb Jako zdroj hlasových podkladů byl použit You Tube.com. Nahrávky skutečné alkoholové řeči byly získány od běžných mluvčích. Každý nahrávaný člověk by měl splňovat několik podmínek, aby byl získaný vzorek reprezentativní, takový mluvčí by neměl vykazovat vady řeči, ovlivnění jinou drogou, projevy nemoci a emocí.

Na základě foneticky zajímavých slovních spojení byl sestaven český jazykový zkušební text, který obsahuje samohlásky, číslovky, jazykolamy a souvislý článek. Testování bylo koncipováno jako čtení zmíněného textu viz. kapitola 6.5, v ideálním případě v různých stupních hladiny alkoholu, měřené v dechu. Měřeným parametrem bylo množství alkoholu v promile a výstupem záznam řečového signálu, odpovídající čtenému textu.

Tento signál byl zpracován s parametry jednoho mono kanálu, který je vzorkovaný 22050 Hz na 16bit, PCM a ve formátu Wave uložen. K nahrávání byl použit volně dostupný software Audacity1.3 Beta verze (<http://audacity.sourceforge.net>), který se vyznačuje svou komplexností a přehledností ovládání.



Obr. 6.1: Okno programu Audacity s nahráním vzorkem řeči

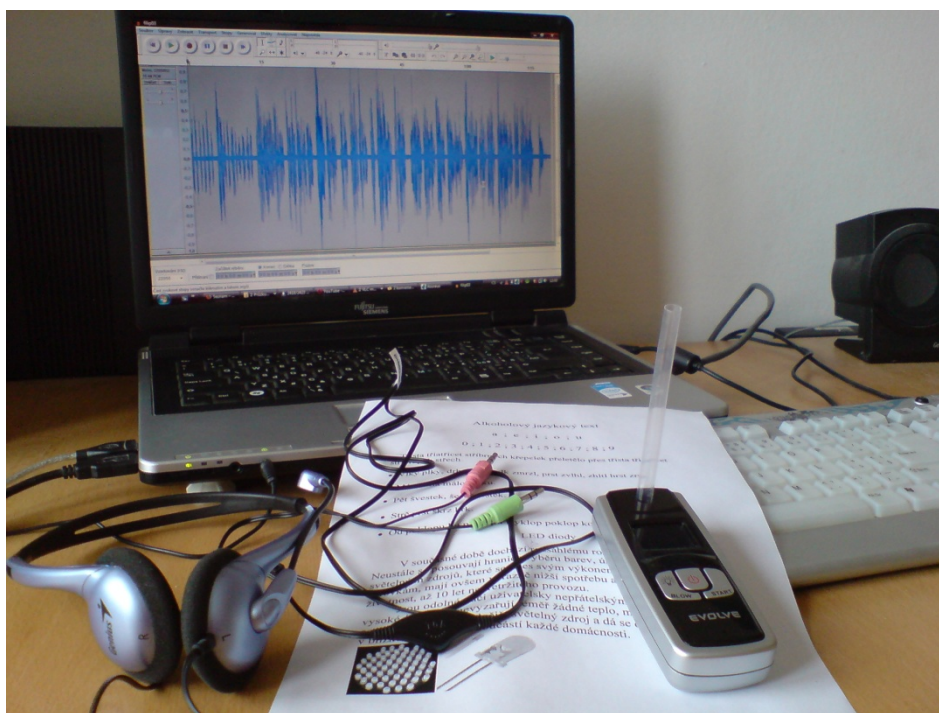
6.2 Stanovení koncentrace

K získání údaje stanovení koncentrace alkoholu byl použit dostupný přístroj EVOLVE Next s certifikátem CE. Měření bylo prováděno vždy minimálně 20 minut po konzumaci alkoholu, aby bylo zajištěno, že výsledky udávané přístrojem mají vypovídající hodnotu. Při měření hned po konzumaci dochází totiž k výraznému zkreslení měření směrem nahoru. Přístroj použitý pro měření disponuje měřicím rozsahem 0,2-1,5 promile. Jako vylepšení oproti dřívějším přístrojům tohoto typu je funkce kdy pro korektní měření musí být vdechnut vzduch o objemu minimálně 2 litry, jinak je nahlášena chyba. I přes svoji certifikaci, má údaj naměřený přístrojem podle výrobce pouze informativní charakter. Nicméně v průběhu testování jsme dospěli k závěru, že hodnoty udávané přístrojem korespondují s hodnotami vypočtenými pomocí alkoholové kalkulačky zmíněné dříve.

6.3 Nahrávání vzorků

Při nahrávání zvuku měl být použit klasický mikrofon používaný běžně, při přenosu profesionálních pěveckých vystoupení. Při zkušebním provozu ale docházelo k několika problémům. Největším problémem bylo udržet konstantní amplitudu signálu, protože při statické poloze docházelo k přibližování a oddalování mluvčího od mikrofonu v závislosti na čtení textu. Při použití modelu, mikrofon držený v ruce a čtení

textu, se ukázalo jako velmi nepraktické, zejména při vyšší míře požitého alkoholu docházelo, jak ke změnám vzdálenosti úst od mikrofonu, tak i k nasbírání rušivých elementů způsobených pohybem papíru, nebo přímým kontaktem mikrofonu s pevnými částmi obličeje i oděvů. Celkové nahrávky byly do značné míry nepostačující. Pod váhou těchto faktorů byla zvolena varianta náhlavního mikrofonu tzv. headsetu, který se používá pro běžnou komunikaci přes Pc od firmy Genius model HS 02B. Tento model je specifikován těmito parametry: citlivost -58 dB, napájecí napětí (DC) 4,5V, Frekvenční rozsah 80-16000Hz, výstupní impedance 2,2 k Ω , připojený přes konektor JACK 3,5mm. Ke zpracování byl použit notebook Fujitsu Siemens Amilo s integrovanou zvukovou kartou Realtek High Definition Audio ALC861, která podporuje vzorkovací kmitočty 44,1 KHz/48 KHz/96KHz a je schopná pracovat se zvukovými signály v rozsahu 10-20000Hz. Datasheet dostupný na http://download2.dvd-driver.cz/realtek/datasheets/pdf/alc861-vd-gr_datasheet_1.1.pdf

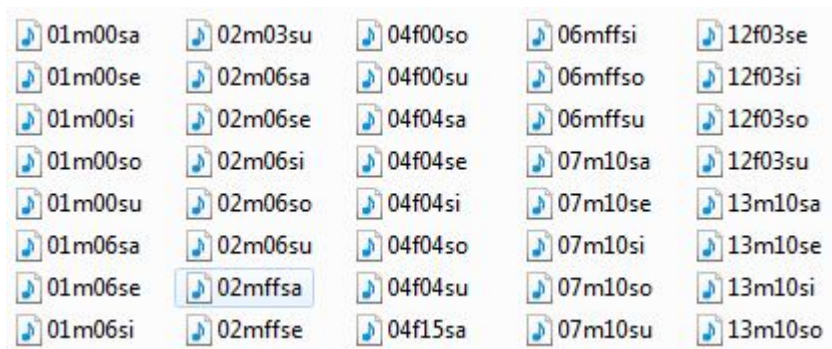


Obr. 6.2: Nahrávací pracoviště, potřebné pomůcky

6.4 Prostředí nahrávání

Nahrávání probíhalo v klidné místnosti, počítač byl zapojen v elektrorozvodné síti, tudíž případné zdroje rušení by pocházely ze sítě. Pro anonymitu subjektů jsou jednotliví mluvčí označeni kódem xx m yy zz, xx...id mluvčího, m nebo f (male-muž, female-žena), yy ...označuje koncentraci alkoholu mluvčího ve formátu 00-15 odpovídající 0-1,5 promile, výjimku tvoří hodnoty, které byly nad maximální hranicí měřitelnosti přístroje a jsou označeny netypicky ff, zz... segment hlasu odpovídající textu 6.5 samohláska, číslo, jazykolam. Potom kód 01m12sa znamená mluvčí 1, muž, s

koncentrací alkoholu v dechu 1,2 promile a vzorek se samohláskou „a“.



Obr. 6.3: Názorná ukázka vzorků v databázi



Obr. 6.4: Ilustrační obrázek z průběhu nahrávání

Databáze je tvořena vzorky řeči 16 mluvčích. Většina mluvčích pochází z řad mladších lidí, zejména studentů, které můžeme globálně řadit do skupiny pravidelně občasných konzumentů alkoholu. Neoptimálnější by bylo, aby databáze byla komplexním průřezem jednotlivých věkových skupin, ale vzhledem k obtížnému vysvětlování cílů této práce zejména starším osobám se ukázalo velmi obtížné a získat od nich vzorek řeči ještě složitější.

6.5 Text pro získání vzorků řeči

Alkoholový jazykový text

a, e, i, o, u

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

- Třista třiatřicet stříbrných křepelek přeletělo přes třista třiatřicet stříbrných střech.
- Vlky plky, drbu vrbu, vlk zmrzl, prst zvlhl, zhltl hrst zrn.
- Máma má málo máku.
- Pět švestek, šest švestek.
- Strč prst skrz krk.
- Od poklopu ku poklopu Kyklop poklop koulí.

LED diody



Obr. 6.5: Ilustrační obrázek LED (Light Emitting Diode) diody

V současné době dochází k rozsáhlému rozšíření LED diod. Neustále se posouvají hranice výběru barev, úhlů a provedení těchto světelných zdrojů, které se dnes svým výkonem blíží úsporným žárovkám, mají ovšem výrazně nižší spotřebu a mnohonásobně vyšší životnost, až 10 let nepřetržitého provozu.

Jsou odolné vůči uživatelsky nepřátelským podmínkám a díky vysoké účinnosti nevyzařují téměř žádné teplo, můžeme je tudíž označit jako nejvýhodnější světelný zdroj a dá se očekávat, že se v blízké době stanou součástí každé domácnosti.

7 ZPRACOVÁNÍ ŘEČOVÝCH SIGNÁLŮ

7.1 Řeč

7.1.1 Úvod

Centrum řeči se nachází v mozku, odkud je vyslán impuls do svalů, plic, hltanu a úst. Řeč je tvořena proudem vzduchu z plic procházejícím hlasovou štěrbinou mezi hlasivkami, v poslední fázi je modulován jazykem, patrem a dutinou ústní, která slouží jako rezonátor. Pro analýzu řeči je možno použít celou řadu popisů: akustický, fonetický, lexikální, syntaktický a sémantický. Pro účely této práce je nejdůležitější fonetika.

7.1.2 Pulsní kódová modulace (PCM)

Pro další možnost zpracování musí být analogová řeč převedena do číslíkové podoby. Tento proces, pulsni kódová modulace, někdy též digitalizace, je realizován pomocí dvou procesů vzorkování a kvantizace. Dodržíme-li vzorkovací teorém a vzorkovací kmitočet bude minimálně dvojnásobný vůči kmitočtu signálu. Pro účely této práce plně postačí vzorkovací kmitočet $f_{vz} = 20,05 \text{ kHz}$. Každý vzorek je kvantován jednou z m kvantovacích hladin. Ty se potom vyjádří pomocí $N = \log_2 m$ bitů. Ve zvukové kartě PC je potom zpracován pro $N = 16$ bitů. Celkovou informační rychlost můžeme potom získat ze vztahu:

$$c = F_{vz} N = 22050 * 16 = 352,8 \text{ kbit/s}$$

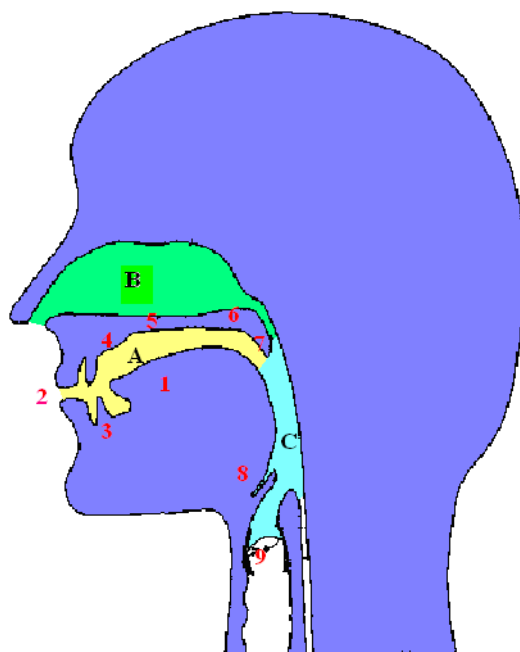
7.2 Fonetika

Základní jednotku řeči tvoří foném neboli hláska. Jednotlivé hlásky pak složí slovo. Fonémy dělíme na dvě základní skupiny:

- Samohlásky (vokály)
- Souhlásky (konsonanty)

7.2.1 Samohlásky (vokály)

Ve spisovné češtině nalezneme 10 samohláskových fonémů, vznikají v ustálené poloze řečového traktu a jsou znělé. Jsou charakteristické téměř periodickým průběhem a relativně vysokou energií signálu. V průběhu kmitočtového spektra samohlásek jsou zřetelné jednotlivé rezonanční kmitočty, tzv. formanty. Ke každé samohlásce můžeme určit i více než pět formantů F_i . Pro určení samohlásky postačí pouze první dva. Za důležité považujeme první tři formanty, které bývají považovány za rezonanční kmitočty největších dutin hlasového traktu :



F_1 - dutina hrdelní (C)

F_2 - dutina ústní (A)

F_3 - dutina nosní (B)

Obr. 7.1: Obrázek jednotlivých dutin hlasového traktu (převzato z wikipedia)

V tabulce 7.1 jsou uvedeny typické hodnoty kmitočtů prvních dvou formantů pro české samohlásky. Formantová struktura samohlásek odpovídá artikulaci. První dva formanty jsou důležité, protože vykazují největší rozdíly v umístění pro různé samohlásky u dalších formantů jsou potom rozdíly menší.

Tab. 7.1 Tabulka obvyklých kmitočtů F_1 a F_2 pro české samohlásky

samohláska	a	e	i	o	u
F_1 [Hz]	800-1000	500-700	300-500	500-700	300-500
F_2 [Hz]	1200-1400	1600-2100	2100-2700	900-1200	600-1000

7.2.2 Souhlásky (konsonanty)

Oproti samohláskám je jejich výrazným rysem šum ve spektru, čímž se výrazně ztíží jejich identifikace. Vznikají vlivem překážky v turbulentním proudění vzduchu. Souhlásky reprezentují přechodové stavy, mají kratší dobu trvání a podle způsobu artikulace je můžeme rozdělit do následujících skupin.

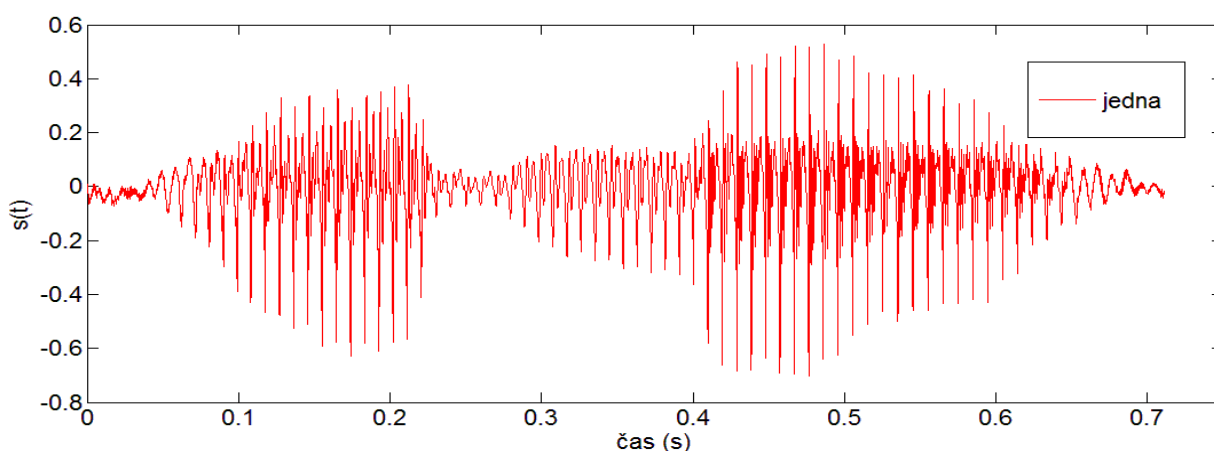
Tab. 7.2 Rozdělení souhlásek do skupin

samohlásky		okluzivy	frikativy	semiokluzivy
párové	neznělé	p t t' k	s š	c č
	znělé	b d d' g	z ž v h	dz dž
nepárové	znělé	m n ň	l j r ř	

7.3 Znázornění řečových signálů

7.3.1 Časový průběh

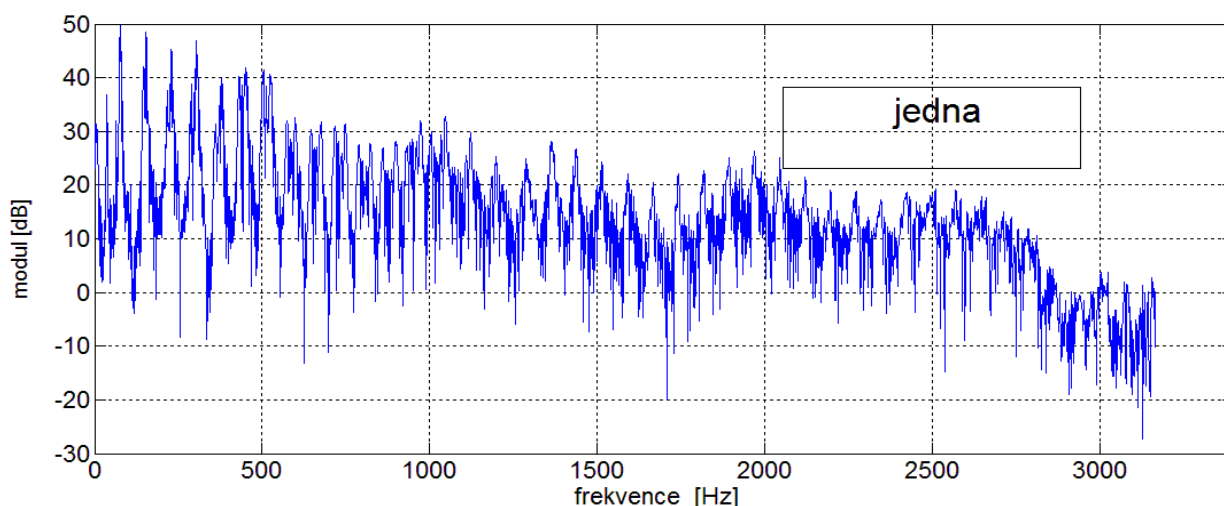
Prvním krokem při zpracování řeči bývá vhodné použít grafickou prezentaci (vizualizaci). Grafické obrazy slouží k lepšímu pochopení jevů. Mnohdy slouží i k subjektivnímu hodnocení. Základní znázornění řečového signálu je uvedeno na obr. 7.2. Signál je zobrazen v časové rovině, horizontální osa znázorňuje rozvoj signálu v čase na vertikální je potom vynesena úroveň signálu. Tento způsob je vhodný pro hrubou představu o signálu, ale pro zobrazení parametrů důležitých pro klasifikaci a rozpoznání řeči, jako zastoupení jednotlivých kmitočtů nebo spektrum, není vhodný. V řečovém signálu se vyskytují významné rezonance (formanty) a jejich časové změny. Pro zobrazení těchto vlastností je za potřebí přejít ke kmitočtové analýze.



Obr. 7.2: Ilustrační obrázek průběhu řečového signálu slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze

7.3.2 Kmitočtové spektrum

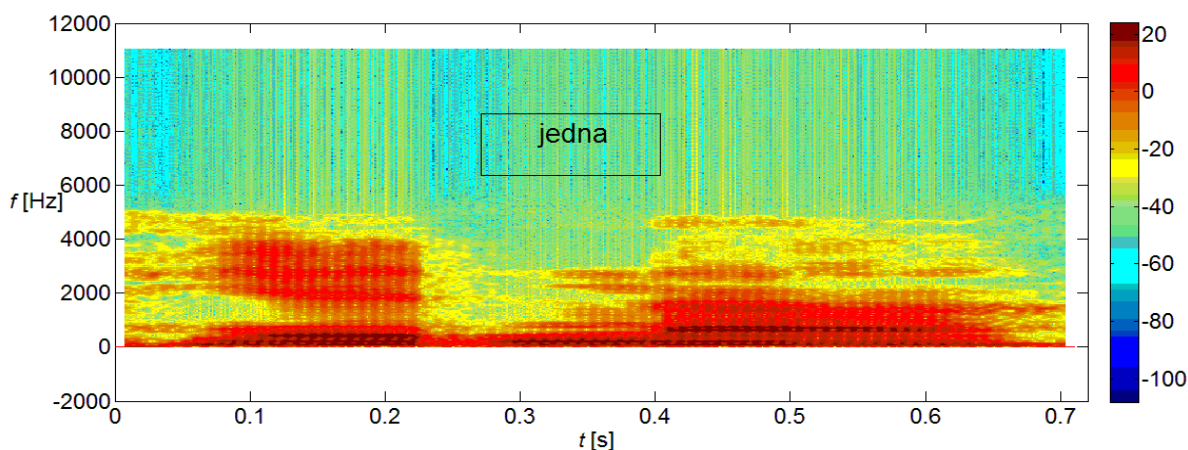
Řečový signál je zobrazen v kmitočtové rovině, na horizontální ose je vyneseno kmitočty a na vertikální úroveň, takto získanou závislost nazýváme kmitočtové spektrum. Příklad kmitočtového spektra je na obrázku pro mluvčího jedna z vlastní databáze, který má nulovou koncentraci alkoholu v krvi a vyslovení slova jedna. Toto zobrazení udává zastoupení jednotlivých kmitočtů v signálu. Pro vyjádření signálu v kmitočtové oblasti se používá Fourierova transformace.



Obr. 7.3: Kmitočtové spektrum slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze

7.3.3 Spektrogram

Obecně je pro zkoumání akustických řečových signálů podstatně jednodušší volit časovou souřadnici na horizontální ose a kmitočtovou na vertikální ose. Krátkodobou spektrální intenzitu pro každý kmitočet znázorníme různou barvou, jak je znázorněno na obr. 7.4 pro slovo jedna mluvčího 01m00c1 z vlastní databáze.



Obr. 7.4: Spektrogram slova jedna mluvčího 01 z vlastní databáze

7.4 Použité metody

7.4.1 Lineární predikce

Jednou z nejvýznamnějších metod analýzy řečového signálu je lineární predikce. Není jednoznačně zařaditelná do kmitočtové ani časové oblasti a označuje se LPC (Linear Predictive Coding). Princip spočívá v předpovědi n -tého vzorku signálu na základě předchozích váhovaných vzorků téhož signálu podle vztahu:

$$\hat{s}(n) = \sum_{m=1}^M a_m s(n-m) \quad (7.1)$$

kde a_m jsou predikční koeficienty a M je řád prediktoru, který udává počet koeficientů. Následující hodnotu signálu lze předpovědět pomocí M předchozích hodnot vzorků téhož signálu $s(n-m)$ násobených příslušnými koeficienty a_m . Úlohou metod predikční analýzy je výpočet koeficientů a_m . Máme-li určeny koeficienty, jsou jednoznačně určeny charakteristiky periodického signálu, krátký úsek lze výstižně popsat 6-18 koeficienty. Pro popsání řečového signálu dostatečně postačuje použít prediktor řádu $M=12$.

Predikční koeficienty je možno kromě předpovědi nového vzorku také použít k určení spektrálních vlastností signálu. Teoretické poznatky vycházejí z přenosu LPC modelu akustického signálu. Pomocí z -transformace je možné získat normované spektrum $S(f)$ s jednotkovým zesílením podle vztahu.

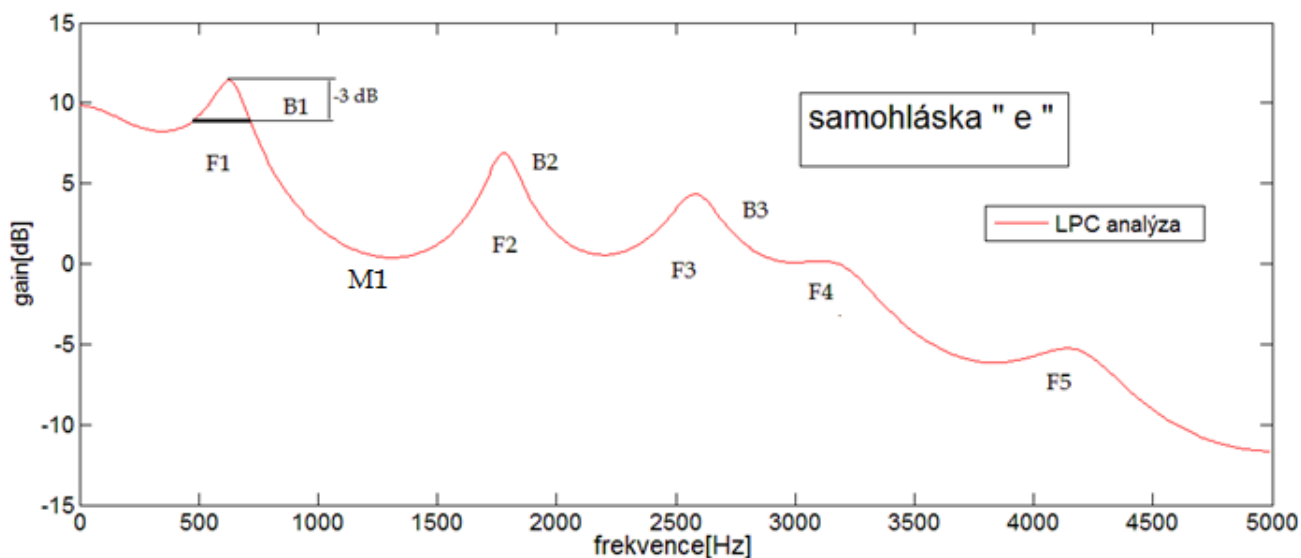
$$\begin{aligned} S(f) &= \left| \frac{1}{1 - \sum_m a_m z^{-m}} \right|_{z=\exp(j2\pi f/f_{vz})}^2 \\ &= \frac{1}{|1 - (a_1 e^{-j2\pi f/f_{vz}} + a_2 e^{-j4\pi f/f_{vz}} + \dots + a_M e^{-j2M\pi f/f_{vz}})|^2} \end{aligned} \quad (7.2)$$

kde f_{vz} je vzorkovací kmitočet signálu $s(t)$ a f je proměnný kmitočet s maximální hodnotou $0,5 f_{vz}$. Při zpracování řečového signálu se používají spektrální hodnoty v decibelech získané podle vztahu

$$LS(f) = 10 \log_{10} [S(f)] \quad [\text{dB;Hz}] \quad (7.3)$$

7.4.2 Formantové příznaky

Při zpracování řeči se často používají příznaky z kmitočtové oblasti odvozené od formantů. První tři formantové kmitočty obsahují důležité informace o charakteru samohlásek a znělých souhlásek. Kmitočty formantů F_i , šířky formantů B_i a kmitočty anti-formantů M_i jsou znázorněny na obr. 7.5 pro samohlásku „e“ mluvčího 01 z vlastní databáze.



Obr. 7.5: Znázornění LPC analýzy s popisem parametrů pro samohlásku „e“

Jako samostatné příznaky můžeme použít parametry krátkodobého spektra:

Kmitočet prvního formantu:

$$x_i = F_1 \quad (7.4)$$

Střední kmitočet tří formantů:

$$x_i = (F_1 + F_2 + F_3)/3 \quad (7.5)$$

Někdy bývá použita střední hodnota prvních tří formantů, pro lepší oddělení spektrálně blízkých fonémů „i“ a „e“.

Střední šířka pásma tří formantů:

$$x_i = (B_1 + B_2 + B_3)/3 \quad (7.6)$$

Tento příznak může sloužit k rozlišení znělosti. Znělé fonémy mají obvykle užší pásma formantů než neznělé.

Kmitočet prvního antiformantu (vztaženo k F_1)

$$x_i = M_1 - F_1 \quad (7.7)$$

Kmitočty formantů jsou v logaritmickém spektru určeny maximy. Dalším parametrem signálu jsou antiformanty, které jsou určeny minimy. Nejčastěji používaným příznakem je první minimum po F_1 .

Velikost prvního formantu (vztaženo k prvnímu antiformantu)

$$x_i = LS(F_1) - LS(M_1) \quad (7.8)$$

Tento parametr udává rozdíl spektrálních hodnot na kmitočtech F_1 a M_1 .

Většina postupů na určení formantů vychází z analýzy spektrální obálky stanovené metodou LPC. Kromě metod založených na prohledávání obálky spektra a vyhledávání lokálních maxim je možné určit formanty přímo výpočtem při LPC analýze. Póly z_i v rovnici jsou vázány s formantovými kmitočty F_i a odpovídající šířkami pásem B_i vztahem.

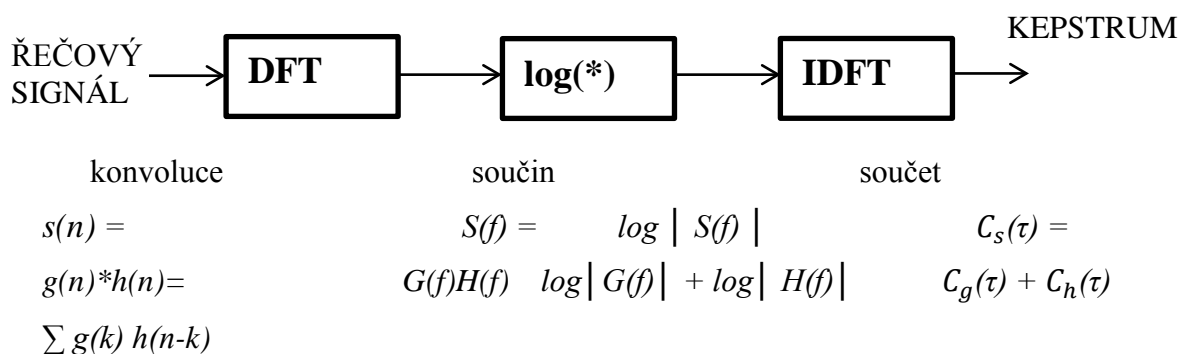
$$z_i = \exp(-\pi B_i / f_{vz} + j2\pi F_i / f_{vz}) \quad (7.9)$$

$$F_i = \frac{f_{vz}}{2\pi} \arg(z_i) \quad (7.10)$$

$$B_i = \frac{f_{vz}}{\pi} \ln |z_i| \quad (7.11)$$

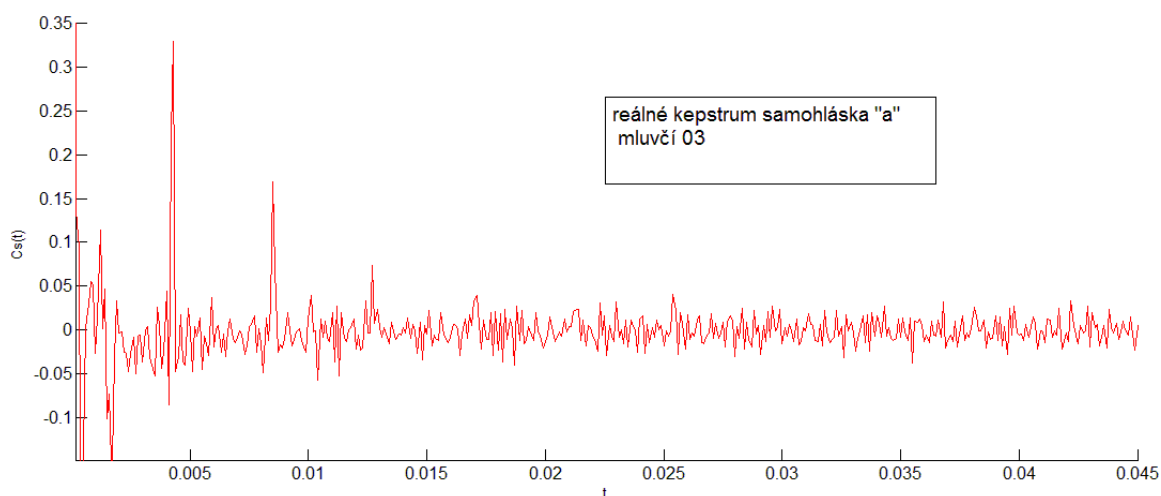
7.4.3 Kepstrální analýza

Kepstrální analýza je homomorfnní metoda nelineárního zpracování řeči. Je vhodné ji použít, při oddělení signálů vzniklých konvolucí, slouží nejen pro rozpoznávání řeči, ale i rozpoznání mluvčích. Hlasivky vytvářejí kvaziperiodickou nebo šumovou budící funkci $g(n)$, kterou hlasový trakt s impulsní odezvou $h(n)$ moduluje. Výsledkem je řečový signál $s(n)$ tvořený konvolucí $g(n)$ a $h(n)$, který v kmitočtové oblasti odpovídá násobení obou funkcí po Fourierově transformaci, jak je znázorněno ve schématu.



Obr. 7.6: Princip získání kepra

Pojem „kepstrum“ vznikl přesmyčkou písmen ve slově „spektrum“, což má vyjadřovat inverzní spektrum. Kepstrum je používáno k oddělení budících a přenosových parametrů řečového signálu.



Obr. 7.7: Průběh reálného kepra samohlásky „a“

Periodu základního tónu řeči lze určit z polohy špičky v průběhu kepstra, jak je patrné z obrázku 7.7, nepravidelná funkce v okolí počátku reprezentuje vliv formantů a charakterizuje mluvčího.

Kepstrální koeficienty C_m lze vypočítat z LPC koeficientů pomocí vztahu

$$C_m = a_m + \sum_{k=1}^{m-1} \frac{k}{m} C_k + a_{m-k} \quad \text{pro } m = 1, \dots, M \quad (7.12)$$

kde M je řád prediktoru.

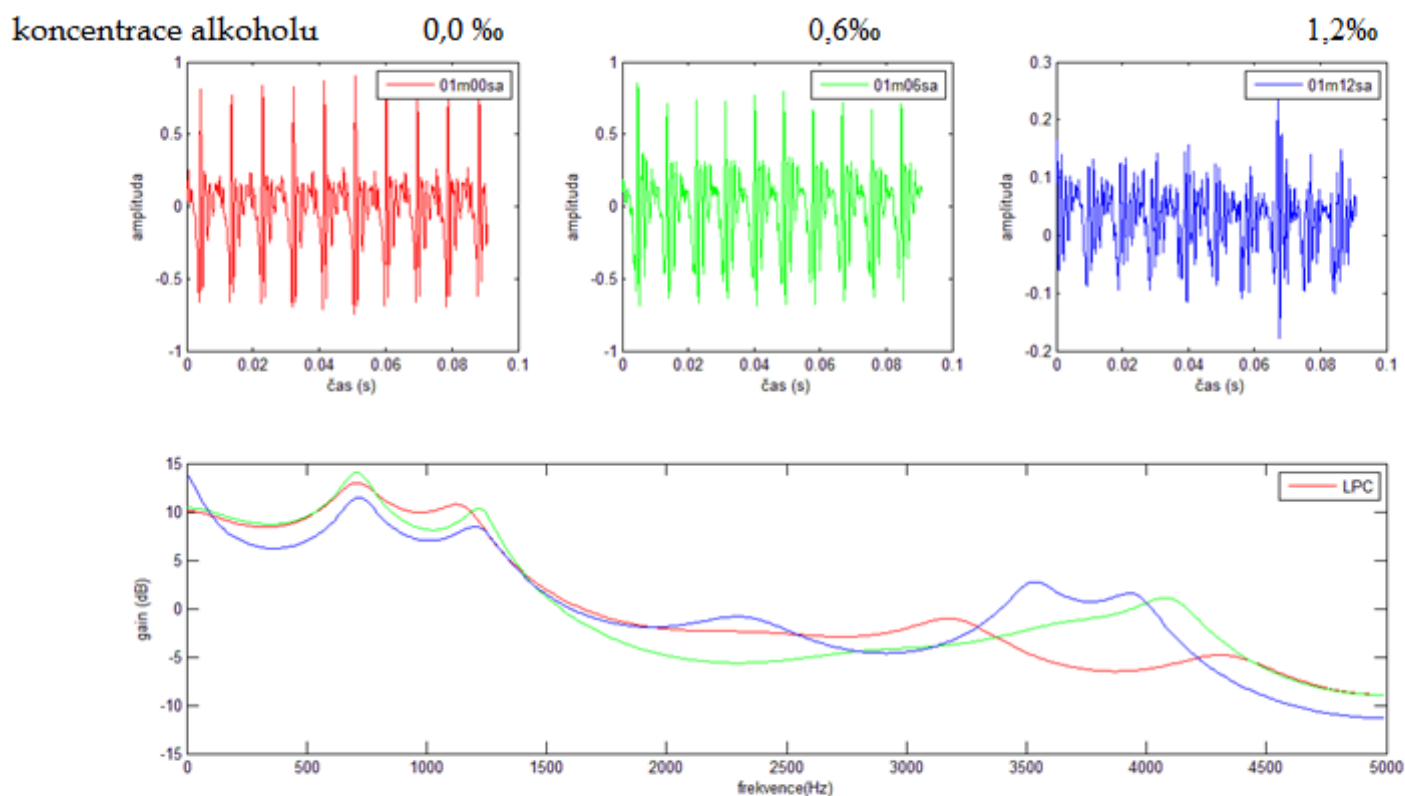
Metody kepstrální analýzy řeči jsou obecně velmi spolehlivé pro rozpoznávání řečových signálů. Velkou nevýhodou v praxi je vysoká výpočetní náročnost.

7.5 Získané výsledky

7.5.1 Aplikace metod

Nahraná interpretce čtení textu byla u každého mluvčího rozdělena po segmentech samohláska, číslo, jazykolam a článek. V celé této práci byla pozornost zaměřena na pouze na samohlásky. Všechny další popisy a aplikace metod se vztahují pouze k nim. Z jednotlivých samohlásek byly pomocí funkcí v prostředí MATLAB získány jednotlivé parametry řečového signálu.

Nejprve byly graficky zobrazeny časový průběh signálu a jeho LPC analýza, pro každou koncentraci alkoholu v dechu téhož mluvčího a tutéž samohlásku, jak je patrné z obrázku 7.8, kde jsou pro ilustraci rozdíly zobrazena LPC spektra jednotlivých koncentrací téhož mluvčího v jednom grafu. Barva vždy koresponduje s barvou časového průběhu signálu stejné koncentrace alkoholu v dechu. Vytvořená aplikace v prostředí MATLAB získává ze vzorku signálu prvních pět formantových kmitočtů, jejich šířku pásma, kmitočet prvního antiformantu a velikost prvního formantu.



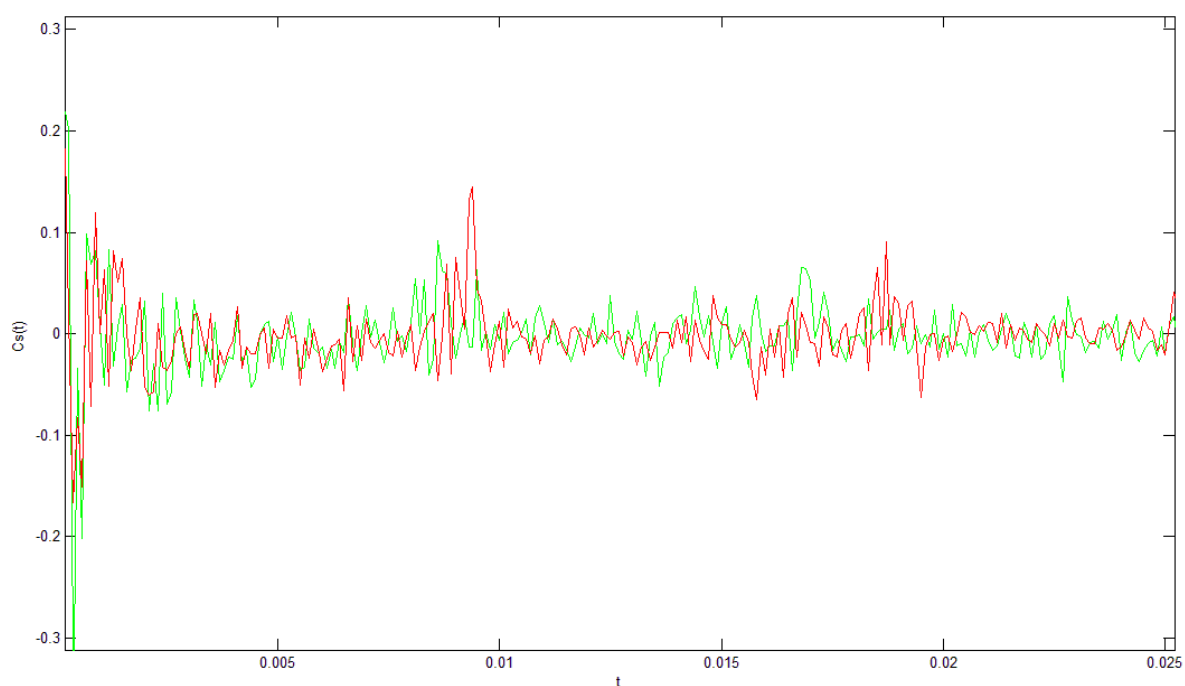
Obr. 7.8: Vykreslení řečového signálu samohlásky „a“ mluvčího 01 pro jednotlivé koncentrace alkoholu v dechu a LPC spektrum těchto signálů

Tyto parametry jsou pomocí funkce exportovány do přehledné tabulky Excelu, kde jsou barevně oddělené samohlásky a ve sloupcích zobrazeny jednotlivé parametry podle vztahů 7.4-7.11, kmitočty jednotlivých formantů, střední kmitočet prvních třech formantů, střední šířka pásma prvních třech formantů, kmitočet prvního antiformantu a velikost prvního formantu a rozdíl prvního a posledního formantu reprezentující přibližování kmitočtů pro jednotlivé koncentrace alkoholu v dechu. Tato tabulka umožňuje řazení podle každého parametru pro přehlednější porovnání změn. Menší část tabulky je zobrazena v Tab. 7.3 větší část v příloze A1 a kompletní potom ve formátu xls společně s databází přiložena na CD.

Tab. 7.3 Část tabulky reprezentující střední kmitočet a střední šířku pásma prvních třech formantů, frekvenci a velikost prvního formantu (část tabulky z přílohy A1)

VLIV ALKOHOLU									
samohláska	mluvčí	stav [‰]	$(F1+F2+F3)/3$ [Hz]	$(B1+B2+B3)/3$ [Hz]	B1[Hz]	B2[Hz]	B3[Hz]	antiformant[Hz]	1.formant[dB]
a	01m	0,0	1385,6	553,64	505,9	391,4	763,6	976,6	2,9
a	01m	0,6	1563,1	278,10	150,7	191,3	492,2	1025,4	4,9
a	01m	1,2	1445,9	274,23	164,1	239,9	418,6	1025,39	4,05
a	01m	ff	1530,5	400,83	157,6	558,4	486,5	937,50	0,02
e	01m	0,0	1667,4	290,81	325,2	342,4	204,8	1308,59	11,11
e	01m	0,6	1646,8	476,00	389,3	808,5	230,2	1289,06	11,99
e	01m	1,2	1647,3	255,41	299,6	278,9	187,8	1289,06	11,48
e	01m	ff	1637,4	176,05	160,5	154,2	213,4	1220,70	7,50
i	01m	0,0	1836,5	156,67	149,2	209,2	111,6	1474,61	21,75
i	01m	0,6	1780,2	179,65	325,4	108,1	105,4	1435,55	21,52
i	01m	1,2	1819,5	157,07	142,9	196,6	131,8	1435,55	22,93
i	01m	ff	1743,6	268,64	200,0	306,0	300,0	1337,89	16,40
o	01m	0,0	1265,9	94,35	101,2	131,1	50,8	849,61	2,22
o	01m	0,6	1151,1	340,63	279,5	381,5	360,9	771,48	5,34
o	01m	1,2	1185,1	152,72	126,0	146,9	185,2	742,19	3,95
o	01m	ff	1312,3	123,94	89,4	91,2	191,3	781,25	4,48
u	01m	0,0	1072,2	119,95	52,5	167,6	139,8	761,72	5,99
u	01m	0,6	1037,2	458,86	613,0	608,7	154,9	712,89	9,43
u	01m	1,2	949,1	394,80	520,2	478,4	185,8	605,47	11,56
u	01m	ff	996,9	318,43	161,2	327,2	466,9	576,17	5,10

V poslední části byla na získané vzorky řečového signálu aplikována metoda kepstrální analýzy. Byly získány průběhy reálného kepstra, na obrázku 7.9 jsou zobrazeny ve společném grafu průběhy samohlásky „a“ mluvčího 01 pro střízlivý stav červeně a pro koncentraci vyšší než 1,5 ‰ zeleně. Dále byly určeny kepstrální koeficienty až do řádu 30.



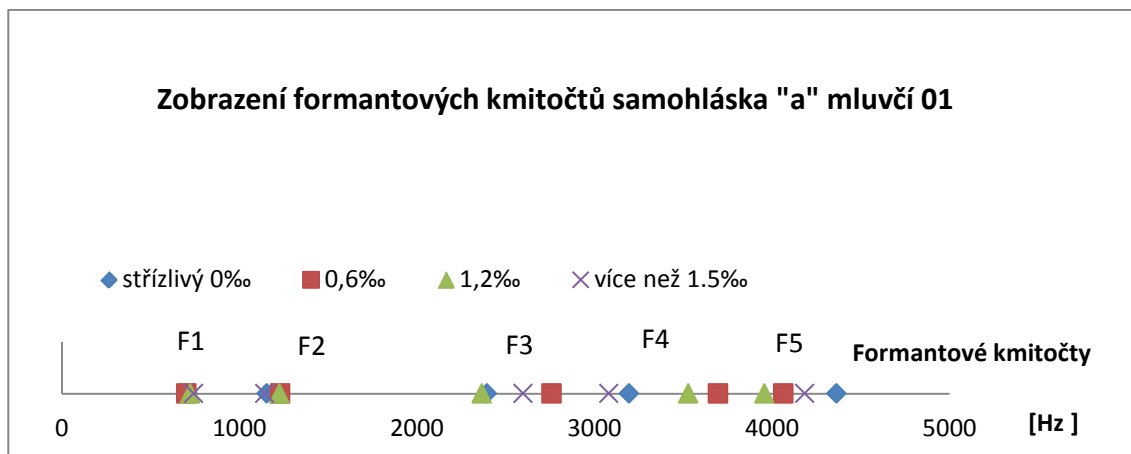
Obr. 7.9: Průběh reálného kepstra mluvčí 01 samohláska „a“ červeně pro střízlivý stav zeleně 1,5 ‰ alkoholu měřeno v dechu

7.5.2 Výsledky

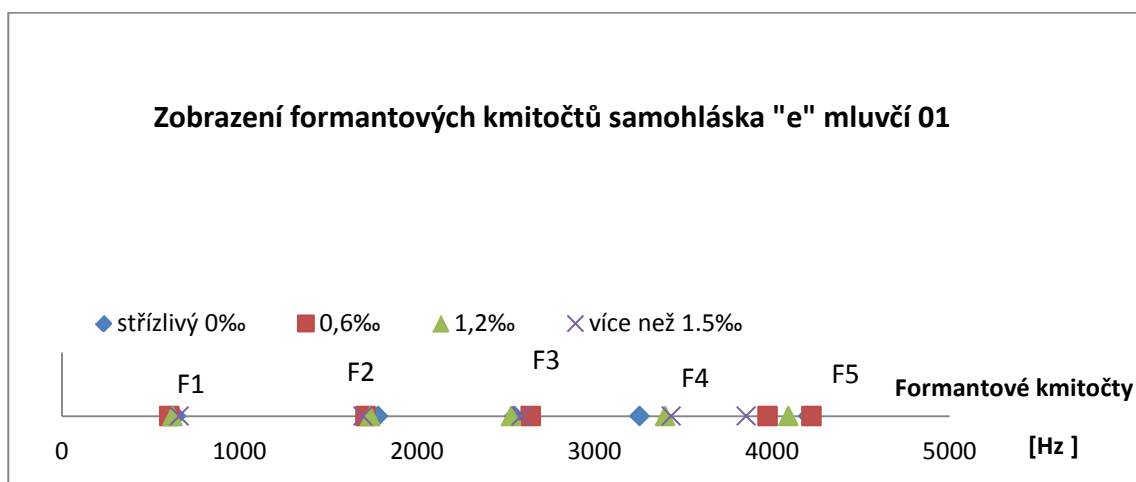
Ze všech získaných vzorků byly odděleny jednotlivé samohlásky. Pro každou samohlásku bylo vypočteno 5 formantových kmitočtů, jak je patrné z grafů na obrázcích 7.10-7.14 ve kterých jsou zobrazeny tyto kmitočty pro všechny koncentrace alkoholu v dechu, pro jednotlivé samohlásky mluvího 01. V tabulce 7.4 jsou zobrazeny pouze první a poslední kmitočet, pro lepší přehlednost. Dá se také předpokládat, že změny způsobené alkoholem se nejvíce projeví právě na těchto kmitočtech.

Tab. 7.4 Výsledky získaných formantových kmitočtů samohlásek pro vybrané mluví a koncentrace alkoholu v dechu

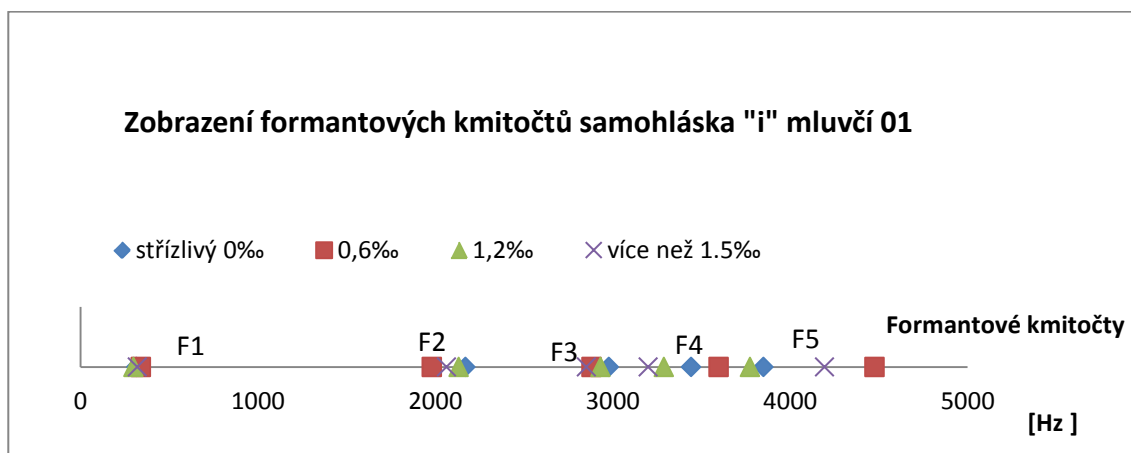
		formantové kmitočty odpovídající samohláskám [Hz]									
mluvčí	koncentrace [%]	a		e		i		o		u	
		F_1	F_5	F_1	F_5	F_1	F_5	F_1	F_5	F_1	F_5
01m	0	708	4364	643	4204	316	3849	596	4164	344	4010
01m	0,6	701	4064	606	4222	340	4476	504	4181	324	3932
01m	1,2	723	3957	623	4091	298	3774	444	3601	264	4017
01m	více než 1,5	742	4184	661	3854	320	4193	586	3852	238	3577
02m	0	738	4046	586	3999	361	4248	489	4509	314	4427
02m	0,3	666	3998	557	3854	333	3855	505	3989	367	3651
02m	0,6	983	4133	603	4035	401	4274	611	4216	329	4489
02m	více než 1,5	817	3647	579	3694	431	3676	611	3667	318	3957
03f	0	860	4727	694	3846	643	3905	618	4013	388	3596
03f	0,7	846	4144	611	4009	289	4029	534	3763	344	3900
03f	více než 1,5	886	4363	763	4018	355	3924	586	3937	444	4039
05m	0	688	4079	561	3930	262	4177	453	4312	339	4272
05m	1,2	687	3910	557	3827	344	4252	563	3885	371	4206
05m	více než 1,5	671	4516	560	3613	354	3706	504	3566	302	3743



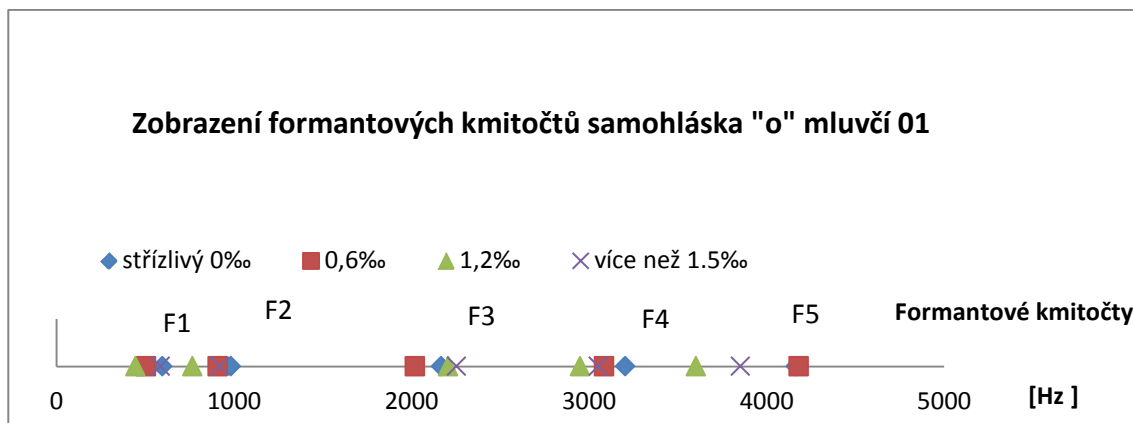
Obr. 7.10: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „a“



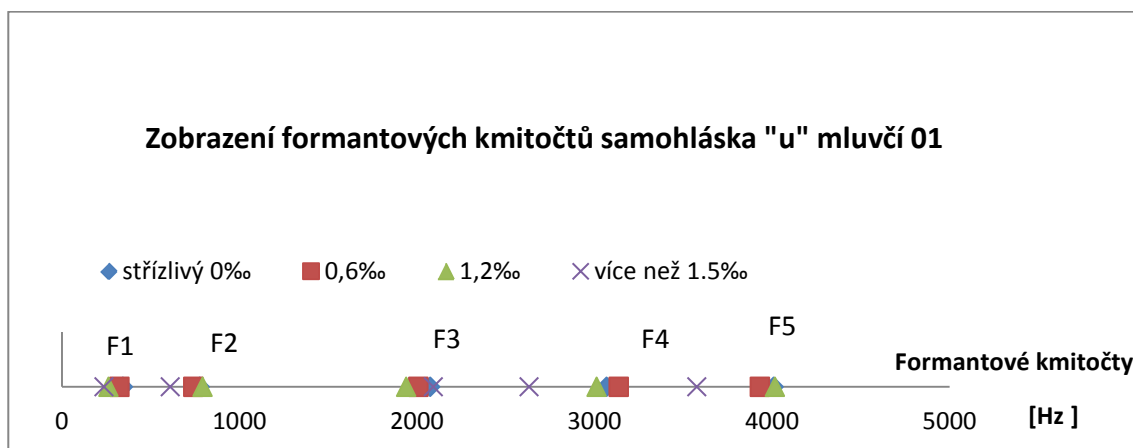
Obr. 7.11: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „e“



Obr. 7.12: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „i“



Obr. 7.13: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „o“



Obr. 7.14: Zobrazení formantových kmitočtů samohlásky „u“

Na základě pozorování všech vzorků bylo zjištěno, že nejčastěji se vyskytujícím jevem je vzájemné přibližování prvního a posledního formantového kmitočtu. Tento jev přináší důkaz o tom, že se vzrůstající mírou alkoholu dochází k ochabnutí činnosti hlasového aparátu, čímž je vysvětlena podstata zhoršené artikulace převážné většiny lidí pod vlivem alkoholu.

Jak je patrné u všech pozorovaných mluvčích, dochází ke změnám ve formantových kmitočtech v závislosti na různé míře naměřeného alkoholu. U každého mluvčího je ovšem subjektivní, u které samohlásky je změna nejvíc patrná.

U samohlásky „u“ se nejvíc projevovala změna frekvence prvního antiformantu, u samohlásky „i“ se nejvíce projevila změna velikosti prvního formantu uváděná v decibelech. U samohlásek „o“ a „a“ byla nejvíce patrnou změnou střední šířka pásma prvních třech formantů. Asi nejméně vhodnou samohláskou pro tuto analýzu je stala samohlásky „e“ změny, které se v jednotlivých parametrech vyskytovaly se různily, jak pro jednotlivé mluvčí, tak i pro jednotlivé parametry.

Díky možnosti srovnání několika různých stavů téhož mluvčího je patrný zajímavý jev, vlivem zvyšující se míry alkoholu dochází k posunům téměř všech zkoumaných parametrů, ovšem jen do určité míry.

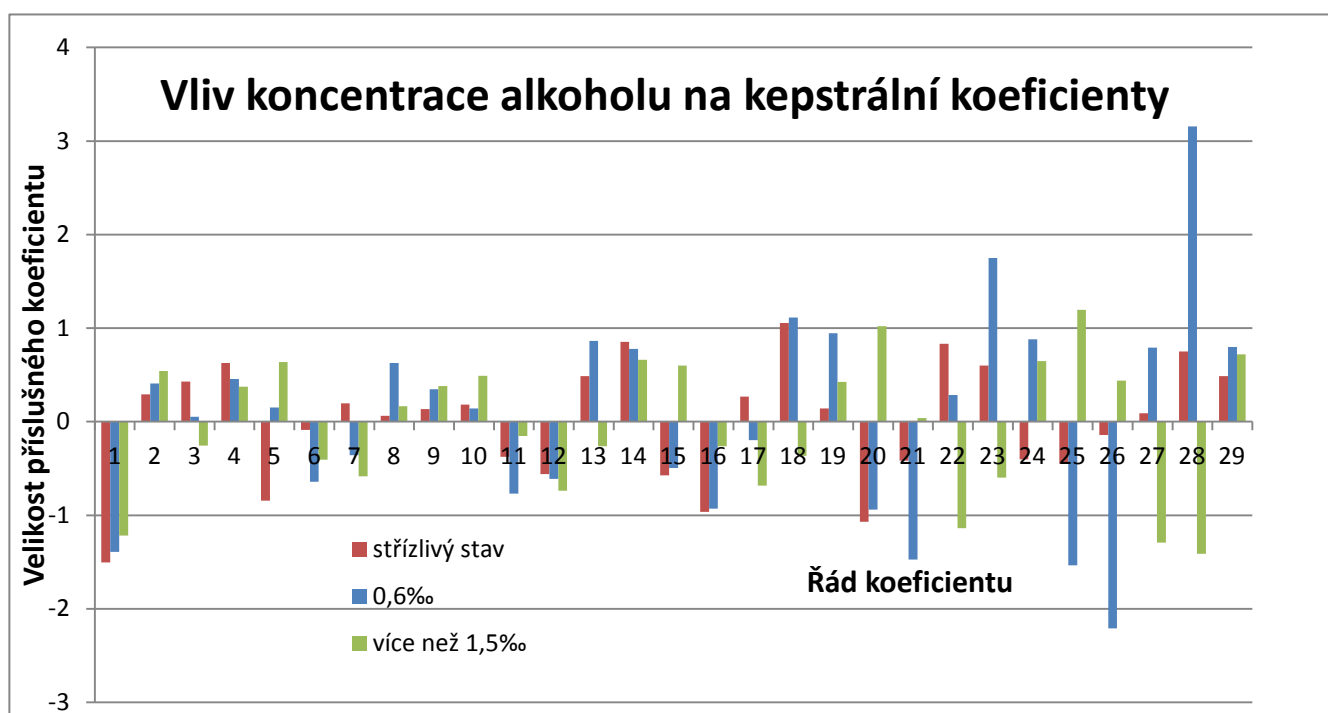
Od jisté hladiny alkoholu docházelo k mírnému návratu parametrů. Po několika úvahách se jako logické vysvětlení ukázala souvislost s krevním tlakem. Jak je známo tlak ovlivňuje činnost mnoha orgánů lidského těla. Podle všeho tomu ani u hlasivek není jinak. Jak se dá předpokládat, kopírují změny jistým způsobem jednotlivá stádia z první části práce. Postupným zvyšováním koncentrace alkoholu v krvi dochází ke změnám tlaku, nejdříve se zvyšuje až do míry, která přibližně odpovídá neaktivnější fázi, při postupné konzumaci alkoholu, jedná se o fázi, kdy máme pocit, že můžeme naprosto cokoli a bez problémů se pouštíme do věcí, které by nás ve střízlivém stavu ani nenapadly a tlak se dostává do svého maxima. Při dalším pokračování v konzumaci alkoholu již dochází k poklesu tlaku i úpadku ostatních tělesných funkcí, někdy i spánku.

Tato hranice je u každého člověka velmi individuální a není tedy možné stanovit něco jako: „křivku opilosti“, kde by bylo možné podle míry postupné změny některého z parametrů vypočtených podle vztahů 7.4-7.11 určit přímo koncentraci alkoholu.

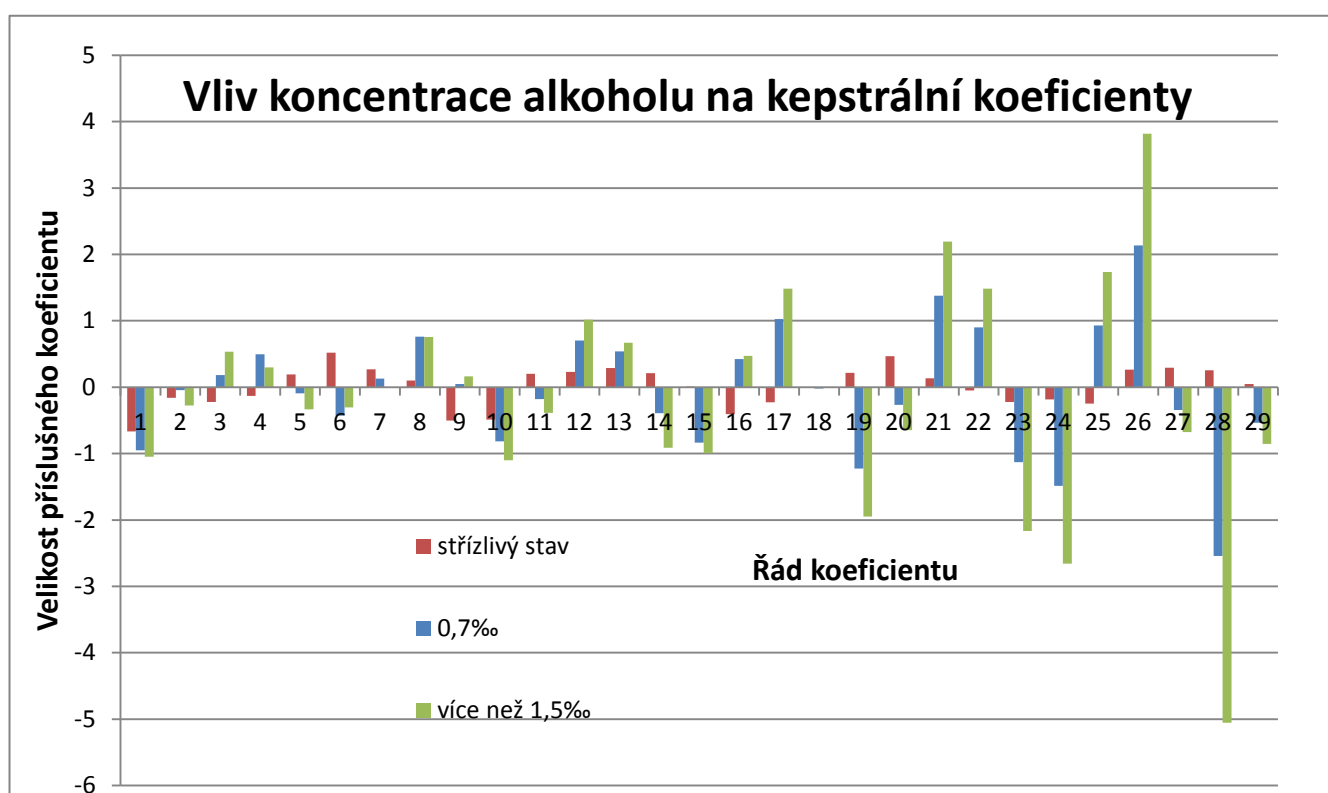
Změny v krevním tlaku jsou velmi nestabilní veličina, dají se sice změřit, nicméně jsou ovlivněny celou řadou ostatních faktorů, jako aktuální nálada, psychické rozpoložení, okamžité vjemy, aktuální fyzická aktivita a další. Není tedy možné vyloučit tyto jevy a všechny změny v krevním tlaku připisovat aktuální hladině alkoholu v dechu, nicméně na několika mluvčích ochotných ke spolupráci bylo experimentálně ověřeno, že výše uvedená teorie se opravdu uplatní. Vzhledem ke zmíněné nestabilitě a minimálnímu počtu měření ovšem není vhodné výsledky nějakým způsobem prezentovat nebo se na ně odkazovat.

Co lze ale s jistotou prokázat, že ve všech zkoumaných parametrech dojde vlivem požití alkoholu ke změnám oproti střízlivému stavu.

Z jednotlivých vzorků řeči byly pomocí keprstrální analýzy získány keprstrální koeficienty. Hodnoty keprstrálních koeficientů byly porovnávány pro jednotlivé koncentrace alkoholu mluvčího taktéž, pro každou samohlásku. Pozorovaným aspektem bylo, jestli se mění hodnoty na pozicích jednotlivých řádů keprstrálních koeficientů, jak je reprezentováno v grafu na Obr. 7.15 a 7.16. Výsledky pro jednotlivé řády koeficientů jsou uloženy tabulce výsledků na CD, část je zobrazena v tabulce 7.5.



Obr. 7.15: Změny na pozicích jednotlivých kepstrálních koeficientů pro jednotlivé koncentrace alkoholu mluvčího 02 a samohlásku „a“



Obr. 7.16: Změny na pozicích jednotlivých kepstrálních koeficientů pro jednotlivé koncentrace alkoholu mluvčího 03 a samohlásku „e“

Tab. 7.5 Vliv jednotlivých koncentrací alkoholu na kepstrální koeficienty (část)

mluvčí	samohláska	koncentrace alkoholu[‰]	řád koeficientu				
			1	2	3	4	5
01	a	0	-1,31986	-0,40385	1,021771	0,915779	-0,92714
01	a	0,6	-0,91857	-0,87256	0,465214	1,585843	-0,03304
01	a	1,2	-0,71965	-0,75422	-0,08258	1,213841	0,506288
01	a	ff	-0,83673	-0,56148	0,077181	1,138696	0,220301
02	a	0	-1,50522	0,292481	0,42871	0,62673	-0,843
02	a	0,6	-1,39118	0,407249	0,051608	0,457932	0,150535
02	a	ff	-1,21583	0,540957	-0,25586	0,372594	0,637104
03	e	0	-0,66731	-0,15879	-0,22518	-0,12989	0,190488
03	e	0,7	-0,94893	-0,04501	0,181781	0,493919	-0,09322
03	e	ff	-1,04866	-0,27591	0,535595	0,298789	-0,33293
04	i	0	0,45459	-0,09594	-1,55787	-1,69548	-1,57616
04	i	0,4	0,25847	-0,25758	-1,35854	-0,98583	-0,86896
04	i	1,5	0,24599	-0,03651	-1,58177	-0,98845	-0,97962

Jak je patrné dochází k projevům alkoholu na řečovém signálu, nejlépe viditelným a nejčastěji se projevujícím aspektem je změna na pozici prvního koeficientu, kdy dochází, jak lze vidět i z grafu na Obr. 7.15 k plynulé změně odpovídající zvyšující se míře koncentrace alkoholu v dechu. Problémem je do jisté míry fakt, že ne u všech mluvčích a ve všech samohláskách je tento jev pozorovatelný. U všech mluvčích dochází, ke změnám, takže je možné určit rozdíl mezi střízlivým a alkoholovým stavem.

Tentýž postup formantové analýzy byl aplikován na vzorky profesionálně předstírané alkoholové řeči. Pomocí aplikace v prostředí MATLAB byly získány potřebné údaje pro vytvoření tabulky reprezentující jednotlivé parametry: kmitočty jednotlivých formantů, střední kmitočet prvních třech formantů, střední šířka pásma prvních třech formantů a kmitočet prvního antiformantu, naprosto identicky tabulce z přílohy A1.

Aby bylo možné získat odpovídající si segmenty k porovnání, musely být vybrány tytéž hlásky vyslovené normálním způsobem a vyslovené při předstírání alkoholové řeči. Konkrétně se jednalo o pasáže z filmů: Jak básníkům chutná život, Pelíšky, Perníková věž, S čerty nejsou žerty, Gympl a Dědictví aneb ... z úst herců: Pavla Kříže, Bolka Polívky, Radka Kuchaře, Ondřeje Vetchého, Miroslava Donutíla. Databáze profesionálně předstírané alkoholové řeči a přehledná tabulka výsledků jsou součástí přiloženého CD. Pro představu jsou v následující tabulce 7.4 zobrazeny změny ve formantových kmitočtech pro jednotlivé samohlásky herce Pavla Kříže.

Tab. 7.6 Rozdíly ve formantových kmitočtech mezi profesionálně předstíranou alkoholovou a normální řečí

	samohláska	formantový kmitočet [Hz]				
		F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
normální	a	953	2039	2148	3548	4305
předstíraná	a	969	1420	2648	3581	4234
normální	i	652	1642	2645	3781	4590
předstíraná	i	558	1803	2543	3666	4030
normální	o	685	1105	2498	3711	4507
předstíraná	o	667	1379	2712	3549	4315

Změny jednotlivých parametrů se projevily podobným způsobem jako u skutečné alkoholické řeči, u některých herců byly změny minimální, u některých razantnější. Parametrem nejvíce reagujícím na změnu byla střední šířka pásma prvních třech formantů.

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámení s problematikou alkoholu. Nejprve byla pozornost zaměřena na to, jak alkohol ovlivňuje lidské tělo. Jak se dostává do organismu, vstřebává se a opouští ho. Byly zde popsány nejčastější způsoby stanovení koncentrace alkoholu a určeno několik běžně dostupných měřících přístrojů. Jednotlivé koncentrace lze rozdělit do skupin, jimž odpovídají jednotlivé projevy. Alkohol působí zejména na psychické a motorické schopnosti, což se stává velkým nebezpečím v dopravě, kde se provádí nejčastěji měření pomocí alkohol testerů. Na území České republiky je koncentrace udávána v promilích, celosvětově pak převládá BAC uváděná v procentech.

V další části práce byly objektem zájmu dostupné publikace, které se věnovaly vlivu alkoholu na řečový signál. Hlavním cílem bylo na určitém počtu vzorků řeči ovlivněné alkoholem aplikovat metodu, která by byla schopná spolehlivě odhalit osobu, jejíž organismus byl intoxikován alkoholem.

Při pokusech o nalezení veřejně dostupných databází s nahrávkami řeči ovlivněné alkoholem nebylo dosaženo uspokojivých výsledků. Jediným velkým veřejně dostupným projektem je německá databáze ALC. Po podrobném seznámení se strukturou této databáze byla vytvořena přehledná česká dokumentace viz. kapitola 5.

Za účelem získání podkladu pro další zkoumání byla vytvořena vlastní databáze vzorků řečového signálu. Jedná se o vzorky získané čtením textu, který je zobrazen v kapitole 6.5 ve střízlivém stavu a při různých mírách koncentrace alkoholu v dechu jednotlivých mluvčích.

Všechny analýzy prováděné na získaných vzorcích jsou omezeny pouze na samohlásky. Motivací bylo najít takový parametr určený z řečového signálu, který by se měnil postupně s přibývajícím alkoholem v dechu a fungoval by bezpečně na všech nebo alespoň většině pořízených vzorků. Za tímto účelem byly použity metody lineární predikce, formantových kmitočtů a keprstrální analýzy. Jak se prokázalo, při různých koncentracích alkoholu došlo u všech mluvčích ke změnám v hlasovém spektru. Problémem však bylo, že ne u všech mluvčích dochází ke změnám kontinuálně s rostoucí mírou alkoholu. Je tedy možné určit několik zákonitostí.

Jak je patrné ze získaných parametrů mezi fonetické jednotky nejvíce citlivé na ovlivnění alkoholem patří samohlásky „i“ a „o“, je tedy vhodné je použít při zkoumání vlivu alkoholu na řečový signál naopak nevhodná je samohláska „e“.

Nejčastěji pozorovaným jevem je přibližování prvního a posledního formantového kmitočtu. U samohlásky „u“ se projevovala změna frekvence prvního antiformantu, u samohlásky „i“ změna velikosti prvního formantu uváděná v decibelech. U samohlásek „o“ a „a“ byla nejvíce patrnou změnou střední šířka pásma prvních třech formantů.

Většinou se ale tyto změny projevíly u různých mluvčích na různých samohláskách. Ani jeden ze získaných parametrů proto nelze plošně použít pro kvantitativní určení míry alkoholu z řečového signálu.

Při aplikaci keprální analýzy byly porovnány hodnoty keprálních koeficientů jednotlivých řádů, pro různé míry koncentrace alkoholu jednotlivých mluvčích. Taktéž docházelo ke změnám, postupnému zvyšování nebo snižování na pozici jednotlivých koeficientů, v závislosti na míře alkoholu. Jak lze pozorovat ve sloupcových grafech na obr. 7.15 a 7.16. Nebylo tomu tak ve všech případech, proto ani tuto metodu nemůžeme úspěšně použít pro všechny mluvčí.

Co je ovšem prokazatelně patrné, že se alkohol na řečovém signálu projeví a je možné podle nahrávek řeči rozhodnout, zda byl mluvčí pod vlivem alkoholu či ne.

LITERATURA

- [1] Forensic consulting , Alcohol Absorption, Distribution & Elimination. Dostupné na www: <http://www.forcon.ca/learning/alcohol.html>
- [2] ZIKMUND, J. Stanovení alkoholu v organismu člověka. Dostupné na www: <http://www.zikmund.org/alkohol/stanoveni.htm>
- [3] inloveindia.com. Effects of Alcohol on the Body. Dostupné na www: <http://www.iloveindia.com/nutrition/alcoholic-beverage-facts/effects-of-alcoholic-beverages.html>
- [4] www.youtube.com You Tube archiv velkého množství video materiálů, ze kterého bylo čerpáno pro získání nahrávek profesionálně předstírané alkoholové řeči.
- [5] Intoximeters, Inc. About Alcohol. Dostupné na www: http://www.intox.com/about_alcohol.asp
- [6] CMI, Inc. Breath Alcohol Testing Basics. Online publikace. Dostupné na www: <http://www.alcoholtest.com/whybaa.htm>
- [7] ZIKMUND, J. Etanol, alkohol, líh. Článek na webu. Dostupné na www: <http://web.quick.cz/zikmund/alkohol.htm>
- [8] Wikipedie . Short-term effects of alcohol. Online encyklopedie. Dostupné na www: http://en.wikipedia.org/wiki/Short-term_effects_of_alcohol
- [9] BAS (bavorský archiv řečových signálů). Rozsáhlá dokumentace činnosti tohoto archivu v našem případě zaměřená na informace o projektu ALC. Dostupné na www: <http://www.bas.uni-muenchen.de/Bas>
- [10] SIGMUND, M. Rozpoznávání řečových signálů. Skriptum ústav radioelektroniky VUT Brno.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A 1: Tabulka pozorovaných parametrů vzorků řeči z vlastní databáze (část)	54
Příloha A 2: Zdrojový kód aplikace formanty v prostředí MATLAB	55

SEZNAM SOUBORŮ NA CD

- Diplomová práce elektronická verze ve formátu pdf
- Vlastní databáze alkoholové a střízlivé řeči
- Databáze profesionálně předstírané řeči
- Tabulky výsledků ve formátu xls
- Zdrojový text prostředí MATLAB M-file: formanty.m
kepstrum.m
- Kontakt a popis práce s aplikací formanty ve formátu pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALC - (Alcohol Language Corpus) - alkoholový jazykový korpus

LPC - lineární predikční analýza

BAC – (Blood alcohol Concentration) - koncentrace alkoholu v krvi

LED - (Light Emitting Diode)- luminescenční dioda

PCM - pulsní kódová modulace

Fvz – vzorkovací kmitočet

F_i - frekvence i-tého formantu

M - řád prediktoru

M_i - frekvence i-tého antiformantu

B_i – šířka pásma i-tého formantu

z_i - póly v rovnici

$s(n)$ – řečový signál

Příloha A 1: Tabulka pozorovaných parametrů vzorků řeči z vlastní databáze (část)

VĚTVĚ ALKOHOLU													
samohláska	mluvčí	stav [‰]	F1[Hz]	F2[Hz]	F3[Hz]	F4[Hz]	F5[Hz]	(F1+F2+F3)/3[Hz]	(B1+B2+B3)/3[Hz]	B2[Hz]	B3[Hz]	antiformant[Hz]	1. formant[dB]
a	01m	0,0	704,2	1150,8	2301,9	3203,8	4362,6	1385,6	553,64	505,9	391,4	763,6	976,6
a	01m	0,6	701,0	1230,0	2758,4	3695,6	4064,1	1563,1	278,10	150,7	191,3	492,2	1025,4
a	01m	1,2	712,4	1210,2	2415,0	3583,0	4082,3	1445,9	274,23	164,1	239,9	418,6	1025,39
a	01m	ff	780,0	1157,7	2653,9	3280,4	4144,0	1530,5	400,83	157,6	558,4	486,5	937,50
e	01m	0,0	635,9	1779,7	2586,5	3184,2	4182,8	1667,4	290,81	325,2	342,4	204,8	1308,59
e	01m	0,6	592,6	1704,0	2643,6	3976,3	4035,4	1646,8	476,00	389,3	808,5	230,2	1289,06
e	01m	1,2	607,6	1744,5	2589,9	3372,8	4000,1	1647,3	255,41	299,6	278,9	187,8	1289,06
e	01m	ff	674,2	1651,1	2586,9	3564,7	3949,2	1637,4	176,05	160,5	154,2	213,4	1220,70
i	01m	0,0	326,8	2195,6	2987,1	3516,4	3963,9	1836,5	156,67	149,2	209,2	111,6	1474,61
i	01m	0,6	348,9	2097,2	2894,5	3573,4	4458,1	1780,2	179,65	325,4	108,1	105,4	1435,55
i	01m	1,2	315,9	2208,7	2933,8	3353,8	3805,4	1819,5	157,07	142,9	196,6	131,8	1435,55
i	01m	ff	322,8	2101,7	2806,2	3211,7	4162,9	1743,6	268,64	200,0	306,0	300,0	1337,89
o	01m	0,0	640,4	1000,4	2157,0	3206,9	4219,0	1265,9	94,35	101,2	131,1	50,8	849,61
o	01m	0,6	511,5	926,5	2015,3	3112,0	4234,2	1151,1	340,63	279,5	381,5	360,9	771,48
o	01m	1,2	448,2	747,9	2359,1	2980,3	3544,5	1185,1	152,72	126,0	146,9	185,2	742,19
o	01m	ff	584,6	915,9	2436,4	3065,1	3824,8	1312,3	123,94	89,4	91,2	191,3	781,25
u	01m	0,0	339,7	761,8	2115,2	3337,3	4310,4	1072,2	119,95	52,5	167,6	139,8	761,72
u	01m	0,6	316,7	713,4	2081,5	3026,2	3966,6	1037,2	458,86	613,0	608,7	154,9	712,89
u	01m	1,2	276,1	610,9	1960,2	3014,0	4063,0	949,1	394,80	520,2	478,4	185,8	605,47
u	01m	ff	270,3	581,6	2138,6	3053,0	4063,4	996,9	318,43	161,2	327,2	466,9	576,17

Příloha A 2: Zdrojový kód aplikace formanty v prostředí MATLAB

```
[x,fs]=wavread('04f00sa.wav', [800,4500]);
x=resample(x,10000,fs);
fs=10000;
% vykreslení signálu
t=(0:length(x)-1)/fs;
subplot(2,1,1);
plot(t,x, 'g');
hold on;
legend('signál');
xlabel('čas (s)');
ylabel('amplituda');
% lineární predikce
p=12;
a = lpc(x,p);
[h,f]=freqz(1,a,512,fs);
subplot(2,1,2);
plot(f,10*log10(abs(h)+eps), 'r');
legend('LPC');
xlabel('frekvence(Hz)');
ylabel('gain (dB)');
hold on;
% zjištění frekvencí
r=roots(a);
r=r(imag(r)>0.01);
ffreq=sort(atan2(imag(r),real(r))*fs/(2*pi));

iF1 = 1; % startovní index
cFreq = f(iF1); % startovní hodnota
while cFreq < ffreq(1)
    iF1=iF1+1;
    cFreq = f(iF1);
end;
% iF1 index 1. formantu
iF2 = iF1; % startovní index
cFreq = f(iF2); % startovní hodnota
while cFreq < ffreq(2)
    iF2=iF2+1;
    cFreq = f(iF2);
end;
% iF2 index 2. formantu
% minimum mezi F1 a F2
fSel = f(iF1:iF2);
hSel = h(iF1:iF2);

hMin = 1000;
fMin = 0;
index = 0;
for i=1:iF2-iF1;
    if 10*log10(abs(hSel(i))+eps) < hMin
        hMin = 10*log10(abs(hSel(i))+eps);
        fMin = fSel(i);
        index = i;
    end
end

s = 10*log10(abs(h(iF1))+eps);
```



```

fprintf('gain 1. formantu: %f\n',s);
fprintf('gain antiformantu: %f\nfrekvence antiformantu: %f\n',hMin,fMin);

B = -(fs)*log(abs(r))/pi;% výpočet B

for i=1:length(ffreq)
fprintf(' %d Formantový kmitočet %.1f\n',i,ffreq(i));
fprintf(' šířka pásma B % .1f\n',B(i));
end
k = (s-hMin);
fprintf('velikost1.formantu - antiformant : %f\n',k);
%export dat do excelu
xlswrite ('projektt.xlsx', ffreq );
xlswrite ('projektt.xlsx', B,'List1', 'B1' );
xlswrite ('projektt.xlsx', fMin,'List1', 'O1' );
xlswrite ('projektt.xlsx', k,'List1', 'P1' );

```